DIE NATURWISSENSCHAFTEN

19. Jahrgang | 3. Juli 1931 | Heft 27

Die sexuellen Zyklen der Rädertiere.

Von A. Luntz, Berlin.

Das Problem der sexuellen Zyklen der planktonischen Organismen ist nur ein kleines Teilproblem in einem so weit verzweigten Wissensgebiet wie die Biologie, was immer man unter diesem allumfassenden und deshalb unbestimmten Namen verstehen mag. Wenn trotzdem dieses Problem allgemeine Beachtung fand und findet und der Streit um die Ursachen des zyklischen Generationswechsels nicht zur Ruhe kommen will, so deutet das darauf, daß mit dem kleinen Teilproblem wichtige Fragen zusammenhängen, deren Erforschung für die gesamte Biologie von Interesse sein kann. Tatsächlich ist in dem Dilemma „vererbte sexuelle Rhythmen oder Milieueinflüsse" auch die Frage nach der Rassenbildung enthalten, für die Sexualitätslehre ist die Lösung dieses Dilemmas von nicht geringer Bedeutung, und darüber hinaus finden hier sowohl Lamarckismus wie Darwinismus eine Fundgrube mehr oder weniger stichhaltiger Argumente in ihrem Streit um die grundlegenden Fragen der Biologie. So besitzt das Problem der sexuellen Zyklen planktonischer Organismen eine viel größere Bedeutung, als man wohl zunächst vermuten könnte. Wenn wir aber aus der reichen Tierwelt des Planktons gerade die Rädertiere herausgreifen und zum Gegenstand unserer Betrachtungen machen, so geschieht das deshalb, weil die Erforschung dieser Organismen jetzt zu einem gewissen Abschluß gelangt ist, der es erlaubt, einen — wenigstens vorläufigen — Schlußstrich zu ziehen und aus dem Fazit Konsequenzen von allgemeinerer Bedeutung zu entwickeln.

Bekanntlich vermehren sich die meisten Rädertiere auf zweierlei Art: parthenogenetisch und bisexuell. Nach einer mehr oder weniger langen Reihe von parthenogenetischen Generationen werden — auch auf parthenogenetischem Wege — Männchen erzeugt, welche die Befruchtung vollführen. Aus den befruchteten Eiern schlüpfen wieder parthenogenetisch sich vermehrende Weibchen hervor. Es scheint sichergestellt zu sein, daß es zwei Sorten von Weibchen gibt: die amiktischen, die nur parthenogenetisch Weibcheneier erzeugen, und die miktischen, die Männchen- und befruchtete Dauereier produzieren. Die Weibchen sind diploid: die Eier, aus denen sie parthenogenetisch entstehen, machen nur eine Reifeteilung (Äquationsteilung) durch; die Männchen sind haploid: die Eier, aus denen sie sich (auch parthenogenetisch) entwickeln, weisen in ihrer Entwicklung sowohl Äquations- wie Reduktionsteilung auf. Befruchtet werden nur haploide Eier (die sich also ohne Befruchtung zu Männchen entwickelt hätten); dadurch wird ihre Chromosomenzahl wieder diploid, und aus dem befruchteten Dauerei entsteht ein Weibchen. Die amiktischen Weibchen legen also nur diploide, die miktischen haploide und infolge der Befruchtung auch diploide Eier ab. Eine Ausnahme von diesen Verhältnissen finden wir erstens bei den Bdelloida sowie einigen Notommatiden und Cathypnaden, die sich nur parthenogenetisch, zweitens bei den marinen Seisoniden, die sich anscheinend nur bisexuell vermehren. Das Problem, das zu lösen diese Verhältnissse aufgaben, war: Wird der Wechsel der Vermehrungsweisen bei den heterogonen Rädertieren durch äußere oder innere Faktoren bedingt? D. h.: Ist das Auftreten der Männchen und der Bisexualität nach der parthenogenetischen Vermehrung ein Reaktionsvorgang auf Milieueinflüsse oder erblich festgelegt?

Diese Formulierung der Frage bedarf einiger Erläuterungen. Der Gegensatz zwischen beiden Erklärungsmöglichkeiten ist nicht so tiefgreifend, wie oft angenommen wird. Auch dann, wenn man sich auf den Standpunkt der ausschließlichen Milieubedingtheit des Generationswechsels stellt, muß selbstverständlich zugegeben werden, daß ein Teil der Erscheinungen — mindestens die Fähigkeit zu reagieren selbst — auf erblicher Grundlage beruht. Der Gegensatz wird also auf die Frage eingeengt, *wieweit* erbliche Faktoren und *wieweit* äußere Einflüsse den Generationswechsel bestimmen. A priori lassen sich verschiedene Möglichkeiten denken: es kann alles, auch der Zeitpunkt des Auftretens der Männchen, erblich festgelegt sein, oder es hängt alles (außer, wie erwähnt, der erblichen Reaktionsfähigkeit) von äußeren Bedingungen ab, oder schließlich wird nur ein Teil der Erscheinungen durch erbliche Faktoren, der andere dagegen durch Milieueinflüsse bestimmt. Mehr denn 30 Jahre hat es gedauert, bis Experiment und Naturbeobachtung eine begründete Wahl zwischen allen diesen Möglichkeiten zuließen.

Die Grundlage für die theoretische Diskussion unseres Problems bilden die Arbeiten von Weismann und Bütschli über das Alters- und Befruchtungsproblem. Weismann hat in engem Zusammenhang mit seiner Amphimixislehre der Befruchtung als erster den Begriff der erblichen sexuellen Zyklen für die Daphniden eingeführt. Diese Zyklen sollen nach Weismann durch Auslese entstandene Anpassungserscheinungen an die äußeren Lebensbedingungen sein. Als Bütschli und später Maupas sich gegen die Weismannsche Lehre der potentiellen Unsterblichkeit der Protozoen wandten, führten ihre Arbeiten, die die Grundlage der Verjüngungshypothese der Be-

fruchtung bilden, gewissermaßen zu einer Ausdehnung des WEISMANNschen Zyklenbegriffs auch auf die Einzelligen. LAUTERBORN war dann der erste, der die Rädertiere nach dem Vorgang von WEISMANN in poly-, di-, mono- und azyklische einteilte und die Ansicht vertrat, daß das Auftreten der Männchen und damit die Bildung befruchteter Dauereier an bestimmte Generationen gebunden ist. LAUTERBORN nimmt zwar in etwas undeutlicher Weise an, daß äußere Bedingungen die Zyklen beeinflussen können, schreibt aber die weitaus wichtigere Bedeutung inneren vererbten Faktoren zu. Zu demselben Resultat kommen 1912 auch DIEFFENBACH und SACHSE.

Im Gegensatz zu diesen Ansichten, die hauptsächlich auf Beobachtungen im Freien beruhen, stehen die Ergebnisse experimenteller Forschungen. MAUPAS, NUSSBAUM, WHITNEY und SHULL untersuchten Hydatina senta, MITCHELL Asplanchna amphora, TAUSON Asplanchna intermedia, LUNTZ Pterodina elliptica und Brachionus bakeri, ZAWADOWSKY Diglena volvocicola, um nur die ausführlicher behandelten Arten zu erwähnen. Für unsere Zwecke sind die einzelnen Resultate und die vielen Widersprüche in den Ergebnissen der verschiedenen Autoren belanglos. Wichtig ist nur, daß alle diese Arbeiten übereinstimmend auf den großen Einfluß hinweisen, den äußere Lebensbedingungen auf den Ablauf des Generationswechsels besitzen. Dieser nicht wegzuleugnende Einfluß bildete gewissermaßen eine Antithese zu der Ansicht von LAUTERBORN und berechtigte zur Kritik an der Theorie der vererbten Zyklen.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die Resultate beider Untersuchungsmethoden in Einklang zu bringen. Man stützte sich dabei nicht nur auf die Beobachtungen von LAUTERBORN und DIEFFENBACH und SACHSE, sondern auch auf einige Versuche von PUNNET und SHULL. PUNNET hatte beobachtet, daß auch unter anscheinend gleichen Lebensbedingungen es verschiedene Stämme („sex strains") von Hydatina senta zu geben scheint, die sich durch den Prozentsatz der in den Kulturen erzeugten Männchen voneinander unterscheiden, so daß ein Stamm z. B. ständig 40—50%, ein anderer nur 2—5% und ein dritter überhaupt keine Männchen erzeugt. Die Versuche von PUNNET sind von WHITNEY einer ausführlichen Kritik unterzogen worden, später aber hat SHULL sie in etwas abgeänderter Form bestätigt gefunden, indem er einerseits beobachtete, daß in seinen Hydatinakulturen Bisexualitätsperioden in rhythmischen Abständen auftraten und es andererseits geographische Variationen in der Höhe der Männchenproduktion gab. Daraus, daß die Rhythmen für jeden Stamm weitgehend konstant waren, unter den einzelnen Stämmen jedoch ziemliche Differenzen herrschten, schloß SHULL, daß die Bisexualitätszyklen von inneren (erblichen) Faktoren bedingt sein müßten. Zu den gleichen Resultaten kam auch MITCHELL auf Grund seiner Versuche an Asplanchna amphora. Diese Versuche, zusammen mit den Beobachtungen von LAUTERBORN, bildeten die Grundlage für die Theorie der vererbten sexuellen Zyklen, wie sie besonders ausführlich von GOLDSCHMIDT begründet und entwickelt wurde.

Allerdings waren schon SHULL und MITCHELL durch ihre Experimente gezwungen, außer den erblichen Faktoren auch den äußeren Milieueinflüssen eine große Bedeutung zuzuschreiben. Die Wirkung der äußeren Faktoren sollte in einer Modifikation des natürlichen Ablaufs der Zyklen bestehen und zum Teil inhibitorischen Charakter besitzen, d. h. äußere Einflüsse sollten eher in der Lage sein, die durch die natürlichen Zyklen herbeigeführte Männchenproduktion zu hemmen oder ganz zu unterdrücken, als diese gegen den natürlichen Ablauf der Rhythmen anzuregen (SHULL). Gegen diese Ansicht wandten sich besonders WHITHNEY, TAUSON und LUNTZ, welche auf Grund ihrer Versuche zu dem Ergebnis kamen, daß es keine erblich festgelegten Zyklen, sondern nur Reaktionen auf äußere Einwirkungen gibt. Auch die von SHULL und MITCHELL beobachteten Rhythmen lassen sich nach TAUSON und LUNTZ auf Milieueinflüsse zurückführen. Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang, daß TAUSON die vollständige Übereinstimmung zwischen ihren Versuchsergebnissen und den natürlichen Lebensbedingungen von Asplanchna intermedia zeigen konnte. Auf diese Übereinstimmung muß hingewiesen werden, da gegen alle Versuche oft der Einwand erhoben wurde (WESENBERG-LUND), daß sie widernatürliche Lebensbedingungen für die untersuchten Organismen schufen und somit bedeutungslos für die Erklärung der Vorgänge im Freien wären. Dieser Einwand konnte zwar der theoretischen Auslegung der Versuchsergebnisse nichts anhaben, spielte jedoch eine große Rolle im Streit um die Ursachen des Generationswechsels.

Wir sehen also, wie das Problem der relativen Bedeutung von inneren und äußeren Faktoren für den Generationswechsel der Rädertiere sich zu der Frage zuspitzt, ob es vererbte sexuelle Zyklen gibt oder nicht. Daß gerade diese Frage eine so große Rolle spielt, ist nicht verwunderlich: erstens besitzen zyklische Prozesse in der organischen Welt überhaupt eine weite Verbreitung, wobei auch die Frage nach ihrer Vererbung stark umstritten ist, zweitens aber sind sie besonders wichtig für die Sexualitätslehre, wo sie mit der Verjüngungstheorie der Befruchtung aufs engste verknüpft sind. Dadurch wird das Interesse, das diese spezielle Frage beansprucht, erklärlich.

Wie wir gesehen haben, ist die Theorie der vererbten sexuellen Zyklen hauptsächlich auf Naturbeobachtungen basiert. 1930 erschien nun ein umfassendes Werk von WESENBERG-LUND[1], das

[1] Contributions to the Biology of the Rotifera. Part. II. The periodicity and sexual periods. Mém. Acad. Sci. Let. Danemark, Sect. Sci. 9me sér. t. II, Nr 1. Kopenhagen 1930.

zu einem großen Teil der Erforschung dieser natürlichen Zyklen gewidmet ist. Auf Grund seiner Beobachtungen, die mehr denn 30 Jahre an verschiedenen dänischen Gewässern fortlaufend durchgeführt wurden, kommt WESENBERG-LUND zu folgender Einteilung der Rädertiere hinsichtlich ihrer natürlichen sexuellen Zyklen: Gruppe I: Hydatinatyp. Bewohnen kleine, gewöhnlich schon im Mai austrocknende Gewässer; miktische Weibchen treten schon in der 2.—3. Generation nach dem Dauerei auf; die parthenogenetische Vermehrung dauert höchstens 4—6 Wochen; die übrigen 10—11 Monate des Jahres werden in Form von Dauereiern verbracht; monozyklisch; Hauptvertreter Hydatina senta. Gruppe II: Rhinopstyp. Bewohnen kleine, nicht austrocknende Tümpel von nur wenigen Metern Tiefe; monozyklisch, Bisexualitätsperiode im Frühjahr wie bei Hydatina; jedoch findet man vereinzelte amiktische Weibchen auch in den anderen Jahreszeiten; Hauptvertreter Rhinops vitrea, Conochiloides natans. Gruppe III: Anuraeatyp. Bewohnen die vegetationsfreien zentralen Teile nichtaustrocknender Teiche und die pelagische Region größerer Seen. Sexuelle Zyklen höchst unregelmäßig, wechseln nicht nur von Gewässer zu Gewässer, sondern auch von Jahr zu Jahr; amiktische Weibchen werden in wechselnder Anzahl das ganze Jahr gefunden; Hauptvertreter Polyarthra platyptera, Triarthra longiseta, Anuraea aculeata, Anuraea cochlearis, Brachionus pala in vielen Standorten, Brachionus angularis, Asplanchna priodonta. Gruppe IV: Pedaliontyp. Bewohnen die zentrale vegetationsfreie Zone nichtaustrocknender kleinerer Teiche und Seen. Monozyklische stenotherme Sommerformen mit starken Maxima- und Bisexualitätsperioden in der wärmsten Jahreszeit; in den übrigen Jahreszeiten sind nur die Dauereier vorhanden; Hauptvertreter Asplanchna Sieboldi, Asplanchna amphora, Pedalion mirum, Pompholyx sulcata, Gastropus stylifer, Ploesoma Hudsoni, die pelagischen Rattulusarten, Anuraeopsis hypelasma sowie einige aberrante Kolonien der unter Gruppe III angeführten Arten (besonders Brachionus pala). Gruppe V: Die azyklischen Bdelloida, einige Notommatiden, einige Arten von Lecane, ferner einige Rassen pelagischer Rädertiere in den pelagischen Regionen der größten Seen; bei dieser ganzen Gruppe scheint die Fähigkeit, sich bisexuell zu vermehren, verschwunden zu sein; sie kommt aus diesem Grunde für uns nicht weiter in Betracht.

Was die 4 Gruppen, in die WESENBERG-LUND die hetorogonen Rädertiere einteilt, betrifft, so sehen wir sofort, daß die Gruppen I und IV (Hydatina- und Pedaliontyp) gar nicht anders als monozyklisch sein können: sie verbringen so kurze Zeit außerhalb der Dauereier, daß es zu mehreren oder auch nur zwei Bisexualitätsperioden gar nicht kommen kann. Dabei ist zu bemerken, daß beide Gruppen unter ganz verschiedenen ökologischen Bedingungen leben; die Übereinstimmung ihrer sexuellen Zyklen kann also auch aus teleologischen Gesichtspunkten (aus denen oft die Theorie der vererbten Zyklen entwickelt wird) nicht verstanden werden. Höchstwahrscheinlich gilt das gleiche auch für Gruppe II: auch hier findet sich ja nur eine kurze Blütezeit, außerhalb deren man nur vereinzelte miktische Weibchen trifft; so ist auch hier der monozyklische Sexualitätsrhythmus aufs engste mit dem allgemeinen Lebenszyklus der Tiere verknüpft und bedarf zu seiner Erklärung keinerlei erblicher Faktoren. Es bleibt also die Gruppe III, bei der wir — da sie aus perennierenden Arten besteht — sexuelle Zyklen (falls sie wirklich existieren) erwarten dürfen. Gerade für diese Gruppe aber stellt WESENBERG-LUND eine völlige Regellosigkeit im Wechsel der Vermehrungsarten fest. Ein schönes Beispiel dafür liefern seine Beobachtungen an Anuraea aculeata; diese Art zeigte folgende Verhältnisse: im Asminderöd-Teich eine starke Bisexualitätsperiode im März bis April 1923, dagegen keine 1922 und 1924; im Island-Teich keine Bisexualität 1923 und 1925, wohl aber im Mai 1924; im Horseshoe-Teich: Bisexualitätsperiode gegen Ende 1924, keine Bisexualität 1925; im Nöddebo-Teich: Bisexualitätsperiode im Juli 1922, keine Bisexualität im Jahre 1923, dann wieder zahlreiche miktische Weibchen im Mai 1924.

Die Beobachtungen von WESENBERG-LUND führen zu verschiedenen Konsequenzen, von denen wir hier folgende drei anführen wollen, weil sie für unser Problem besonders wichtig sind:

1. Hydatina senta ist im Freien stets monozyklisch, wobei nach der Bisexualitätsperiode nur Dauereier übrigbleiben. Die von SHULL in seinen Kulturen beobachteten Zyklen, bei denen stets nur ein gewisser Prozentsatz der Weibchen miktisch war, spiegeln also in keiner Weise den natürlichen Lebensablauf von Hydatina wider. Andererseits hat WHITNEY über 500 Generationen von Hydatina ausschließlich durch parthenogenetische Vermehrung züchten können. Daraus geht hervor, daß die von SHULL beobachteten Zyklen durch äußere Faktoren induziert werden mußten, wie LUNTZ auf Grund seiner Versuche an Brachionus bakeri schon früher vermutet hat. Die ständigen Unterschiede, welche die verschiedenen Linien von SHULL aufwiesen und die auf erbliche Faktoren zurückgeführt wurden, sollen weiter unten noch besprochen werden.

2. Die Zyklen zeigen in den meisten Fällen gar keine Beziehungen zu den ökologischen Lebensbedingungen der einzelnen Arten. Monozyklische Formen findet man sowohl unter kurzlebigen wie auch unter perennierenden Arten, sowohl in austrocknenden kleinen Tümpeln wie in großen Seen. In ein und demselben Gewässer findet man alle möglichen sexuellen Zyklen nebeneinander. Daraus folgt, daß diese Zyklen in keiner Weise als „Anpassungen" an herrschende Lebensbedingungen, als welche man sie oft gewertet hat, betrachtet werden dürfen.

3. Gerade bei den perennierenden Arten zeigt sich, wie wir gesehen haben, eine völlige Regellosigkeit der sexuellen Rhythmen. Dadurch wird die ganze Einteilung in poly-, mono- und azyklische Formen illusorisch. WESENBERG-LUND schreibt (l. c. S. 195): „At the beginning of the investigations it seemed natural to divide the rotifers into polycyclic, dicyclic, monocyclic and acyclic forms. In reality this division is of very little value. There is no doubt that numerous rotifers are polycyclic in some localities and in some years, in others di- or monocyclic and even acyclic (Anuraea)." Die Ergebnisse der experimentellen Forschung, welche die Existenz von vererbten sexuellen Zyklen höchst zweifelhaft machten, haben also eine Bestätigung auf ganz anderem Wege — dem der Beobachtung im Freien — gefunden, und es kann wohl jetzt kein Zweifel mehr darüber bestehen, daß, wenn Rädertiere zu bisexueller Vermehrung übergehen, es sich nicht um zeitlich durch Vererbung festgelegte Erscheinungen, sondern nur um Reaktionen auf äußere Einflüsse handelt.

Durch die Feststellung, daß es keine vererbten sexuellen Zyklen gibt, sondern daß das Auftreten der bisexuellen Vermehrung nur einen Reaktionsvorgang auf äußere Einflüsse darstellt, ist jedoch das Problem in seiner Gesamtheit bei weitem noch nicht erschöpft. Es ist ja vorläufig nur festgestellt, daß der *Zeitpunkt* des Auftretens der Männchen zeitlich nicht auf dem Vererbungswege festgelegt ist. So wichtig diese Tatsache für theoretische Fragen auch ist, so bleibt doch noch ein weiter Spielraum für erbliche Faktoren übrig. Wir haben schon zu Anfang darauf hingewiesen, daß, selbst wenn der ganze Generationswechsel der Rädertiere nur auf einem Reaktionsvorgang beruht, auch dann noch mindestens die Reaktionsfähigkeit selbst vererbt sein müßte. Es gibt nun einige Beobachtungen, die darauf hinzudeuten scheinen, daß auch noch andere Vorgänge bei den sexuellen Reaktionen der Rädertiere durch erbliche Faktoren beeinflußt werden. Zu diesen Beobachtungen gehören zunächst die schon erwähnten konstanten Unterschiede der Reaktionen in den Hydatinakulturen von SHULL; außerdem hat LUNTZ 2 Rassen von Pterodina elliptica beschrieben, die aus ein und demselben Teich stammend und unter gleichen Lebensbedingungen gezüchtet, gleiche äußere Einwirkungen mit verschieden starken Reaktionen beantworteten: die eine dieser beiden Rassen wurde durch Futterwechsel (Polytoma - Chlamydomonas und umgekehrt) zur Erzeugung von fast 100% Männchen gezwungen, die andere dagegen von nur etwa 50%. Ob der verschiedene Zyklenablauf bei den Hydatinaklonen und die abweichende Reaktionsnorm der Pterodinarassen wirklich von erblichen Faktoren bedingt sind, kann selbstverständlich nur durch Kreuzungsexperimente endgültig festgestellt werden. Doch scheint die Wahrscheinlichkeit sehr groß zu sein, daß es sich tatsächlich so verhält. Allerdings würde es sich hierbei um ganz andersgeartete Erbfaktoren handeln als die, welche die sexuellen Zyklen hatten bestimmen sollen. Diese Erbfaktoren würden nur Einzelheiten des Reaktionsvorganges bestimmen, etwa den Ablauf der von außenher bewirkten zyklischen Reaktionen oder die Reaktionsnorm und den Prozentsatz der miktischen Weibchen. *Sie würden jedoch unter keinen Umständen für sich allein das Auftreten von Männchen bewirken können; diese entscheidende Rolle würde stets den Milieueinwirkungen vorbehalten bleiben.*

Es muß in diesem Zusammenhang noch auf zwei Einwände eingegangen werden, die gegen die Theorie der ausschließlichen Milieubedingtheit des Generationswechsels erhoben worden sind. Der erste dieser Einwände bezieht sich auf das Recht, die an einzelnen Arten gewonnenen experimentellen Ergebnisse auf alle Rädertiere auszudehnen; bei den untersuchten Arten (Hydatina, Asplanchna intermedia, Pterodina elliptica usw.) ließen sich zwar keine Spuren von erblichen sexuellen Zyklen nachweisen, es wäre jedoch denkbar, daß man sie bei anderen Arten oder auch Rassen doch noch feststellen könnte. An und für sich läßt sich gegen eine solche Möglichkeit nur das eine sagen, daß sie jeder tatsächlichen Begründung entbehrt. Andererseits ist aber die Fülle der indirekten Beweise, die gegen sie sprechen, geradezu überwältigend. Bis vor kurzem war die Anzahl der Arten, bei denen die Existenz von sexuellen Zyklen auf experimentellem Wege widerlegt werden konnte, nur recht gering. Durch die Untersuchungen von WESENBERG-LUND ist sie jedoch sehr gewachsen: wir haben gesehen, daß sexuelle Zyklen für die Rädertiere der dritten Gruppe nicht in Frage kommen; ebenso ausgeschlossen erscheinen sie für die erste Gruppe (Hydatina); bei der vierten Gruppe ist die Lebensfähigkeit der Tiere an so enge Grenzen gebunden, daß das monozyklische Auftreten der Bisexualität aus äußeren Gründen eine Notwendigkeit ist und kein Platz für erbliche Zyklen übrigbleibt, was auch für die zweite Gruppe stimmen dürfte. Es kommt noch hinzu, daß nach WESENBERG-LUND, wie wir gesehen haben, die hypothetischen Zyklen auch nicht als Anpassungserscheinungen an das Milieu gewertet werden dürfen. Unter diesen Umständen muß wohl die Annahme, daß es doch noch Rädertierarten mit erblichen sexuellen Zyklen geben könnte, als recht unwahrscheinlich bezeichnet werden.

Der zweite Einwand besitzt eine viel größere Tragweite. Es handelt sich dabei um die Möglichkeit, daß durch die Wirkung äußerer Einflüsse nicht die bisexuelle Vermehrung angeregt, sondern umgekehrt der normale Ablauf der sexuellen Zyklen gehemmt wird. Das wäre der Fall bei den Differenzen, die in den Hydatinakulturen von SHULL und WHITNEY auftraten, indem SHULL sexuelle Zyklen, WHITNEY dagegen (unter etwas

konstanteren Bedingungen) nur parthenogenetische Vermehrung beobachteten. Ebenso wäre die dauernde Parthenogenese von Brachionus bakeri bei Ernährung mit Eudorina oder Gonium, wie es LUNTZ beobachtet hat, ein Resultat der hemmenden Wirkung dieser Nahrung, die sexuellen Zyklen bei Chlamydomonasernährung dagegen der Ausdruck der erblichen Rhythmen. Mit den Tatsachen, die uns die kleine Gruppe der Rädertiere liefert, ist diesem Einwand schwerlich beizukommen, da er auf allgemein theoretischen Ansichten über die Sexualitätserscheinungen basiert und die ganze — im übrigen logisch einwandfreie — Umdeutung der Versuchsergebnisse nur auf Grund und zur Stützung dieser theoretischen Standpunkte (ganz besonders der Amphimixislehre von WEISMANN) vorgenommen wird. Der Einwand wird hinfällig, sobald man sich z. B. auf den Standpunkt der Sexualitätshypothese der Befruchtung stellt. Bei der Entscheidung für oder wider diese Hypothese spielen aber die Verhältnisse bei den Rädertieren nur eine untergeordnete Rolle. Immerhin gibt es Tatsachen, welche die angeführte Umdeutung der experimentellen Ergebnisse als recht unwahrscheinlich hinstellen. Erstens lassen sich die hypothetischen Zyklen um ein Vielfaches ihrer normalen Dauer unterdrücken, z. B. bei Hydatina, wo sie im Freien nur 6—8 Wochen dauern, in den Versuchen von WHITNEY aber beinahe 2 Jahre ausblieben, oder bei den früher angeführten Beobachtungen von WESENBERG-LUND an Anuraea, die in einigen Jahren dizyklisch, in anderen dagegen azyklisch sein kann. Unter diesen Umständen drängt sich die Frage auf, woher man die Berechtigung ableitet, von *erblichen* sexuellen Zyklen zu sprechen? Der einzige einwandfreie Beweis für die Existenz erblicher Faktoren besteht in einem Kreuzungsexperiment. Solche Versuche hat bis jetzt nur SHULL an seinen Hydatinaklonen ausgeführt, dabei aber Verhältnisse gefunden, die weder mit mendelnder Vererbung noch mit Vererbung überhaupt etwas zu tun haben. Fehlt aber der direkte Beweis, so ist das wichtigste Indizium für die erbliche Natur eines Merkmals seine Konstanz unter wechselnden äußeren Lebensbedingungen. In unserem Fall fehlt jedoch auch dieses Indizium: die Zyklen sind so wenig konstant, daß man — handelte es sich um ein theoretisch weniger wichtiges Merkmal — wohl gar nicht auf den Gedanken gekommen wäre, nach erblichen Faktoren zu suchen. Hinzu kommt noch folgende Überlegung: es sind bei allen experimentell untersuchten Rädertierarten äußere Faktoren gefunden worden, die zwar eine einmalige Bisexualitätsperiode, aber keine sexuellen Zyklen auslösen. Man müßte also — wollte man an den Zyklen festhalten — annehmen, daß äußere Faktoren gleichzeitig Bisexualität auslösen und sexuelle Zyklen hemmen können, eine Annahme, die doch wohl reichlich gezwungen erscheint. Diese schwerwiegenden, wenn auch indirekten Beweise dürften wohl genügen, um die Unwahrscheinlichkeit der Zyklentheorie zu zeigen.

Wir sind am Ende unserer Ausführungen angelangt. Wir haben gesehen, daß experimentelle Untersuchungen und Beobachtungen im Freien übereinstimmend den Nachweis führen, daß der zeitliche Ablauf des Generationswechsels bei Rädertieren nur von äußeren Faktoren (Milieuwirkungen) bestimmt wird und daß kein Platz für erbliche sexuelle Zyklen, wie immer sie geartet sein mögen, übrigbleibt. Diese Übereinstimmung von Ergebnissen, die mit Hilfe zweier so verschiedener Methoden gewonnen worden sind, ist um so bemerkenswerter, als gerade der Generationswechsel der Rädertiere bekanntlich zu heftigen Auseinandersetzungen über die Tragweite von Versuchsergebnissen den Anlaß gab. Ganz besonders war es WESENBERG-LUND, der die Übertragung von „unter direkt widernatürlichen Lebensbedingungen" gewonnenen Resultaten auf die im Freien sich abspielenden Vorgänge abgelehnt hatte. Wenn jetzt seine Beobachtungen die theoretischen Folgerungen aus den Experimenten in so schöner Weise bestätigen, so ist das ein neuer Beweis für die Berechtigung der experimentellen Methode in der Biologie. Der Kreis hat sich geschlossen: zuerst hat die Naturbeobachtung Material zutage gefördert, dessen theoretische Auswertung die experimentelle Biologie übernahm, und als die experimentellen Ergebnisse vorlagen, wurden sie wiederum von neuen eingehenderen Beobachtungen im Freien nachgeprüft und bestätigt. Es ist wohl ein seltener Fall in der Biologie, daß zwei so gänzlich verschiedene Methoden zu so übereinstimmenden Resultaten führen.

Wir haben schon die verschiedenen theoretischen Fragen erwähnt, mit denen das Problem der sexuellen Zyklen bei Rädertieren verknüpft ist. Es würde uns hier zu weit führen, wollten wir auf alle diese Fragen ausführlicher eingehen. Eine jedoch, aus dem engeren Gebiet der Planktologie, sei hier noch kurz behandelt. Wir haben gesehen, daß bei den Rädertieren keine erblichen sexuellen Zyklen vorhanden sind. Von anderer Seite (KLEBS, HARTMANN, BĚLAŘ) ist das gleiche auch für pflanzliche und tierische Süßwasserprotisten nachgewiesen worden. So bleiben von den Süßwasserorganismen wohl nur die Cladoceren übrig, bei denen man noch immer poly-, di-, mono- und azyklische Arten und Rassen unterscheidet und von erblich bedingten Rhythmen spricht. Exakte Experimente sind an diesen Organismen fast garnicht ausgeführt worden. Die Frage ist naheliegend, ob nicht — wie es WESENBERG-LUND für die Rädertiere getan hat — auch für die Cladoceren die Klassifizierung der Arten und Rassen nach sexuellen Zyklen zu verwerfen sei. Um diese Frage zu entscheiden, sind langjährige eingehende Beobachtungen und exakte Experimente notwendig. Es läßt sich jedoch nicht leugnen, daß die Wahrscheinlichkeit sehr dafür spricht, daß auch der

Generationswechsel der Cladoceren von denselben Gesetzmäßigkeiten beherrscht wird, wie der der Rotatorien und anderen Süßwasserorganismen. Wir kämen dann in die Lage, alle sog. „rhythmischen" Sexualitätserscheinungen bei den Süßwasserorganismen von einem einheitlichen Standpunkt zu erklären, was zweifellos von der größten Bedeutung für die gesamte Biologie wäre.

Für die angeführte Literatur verweise ich auf das ausführliche Verzeichnis in dem hier mehrmals zitierten Werk von WESENBERG-LUND.

Das Beryllium und seine Legierungen.

Von H. FISCHER und G. MASING, Berlin-Siemensstadt.

1.

Das Element Beryllium ist bereits seit mehr als 100 Jahren bekannt. Es wurde 1828 zuerst von WOEHLER in Pulverform durch Reduktion von Berylliumchlorid mit Kalium gewonnen. Seine Darstellung gelang also in demselben Jahre, in welchem auch das Aluminium, gleichfalls von WOEHLER, zum erstenmal aus seinen Verbindungen isoliert werden konnte. Aus der Tatsache, daß über die Eigenschaften des Berylliums und seine Verbindungen und über sein Vorkommen bis vor wenigen Jahren weiteren Kreisen der Wissenschaft und Technik kaum etwas bekannt war, wurde bisher allgemein geschlossen, daß das Beryllium zu den sog. seltenen Elementen gehöre. Entgegen dieser Ansicht sind Berylliumverbindungen auf der Erdkruste aber recht weitverbreitet. Nach den Schätzungen von VOGT[1] dürfte der Berylliumgehalt der Lithosphäre zwischen 0,01 und 0,001 % liegen, eine Konzentration, welche höher als die mancher uns weit geläufigerer Elemente ist.

Wenn auch diese Berylliummengen zum Teil in feiner Verteilung in der Erdkruste enthalten sein mögen, so sind doch heute schon ausgedehnte Lagerstätten berylliumhaltiger Mineralien bekannt, welche die Grundlage einer bedeutenden technischen Berylliumerzeugung werden könnten. Die genauere Kenntnis der zahlreichen Fundorte war selbst in Fachkreisen bislang noch lückenhaft, da die Besitzer der Lager mangels technischer Bedeutung der berylliumhaltigen Mineralien kaum nähere Angaben gemacht haben. Dies hat sich allerdings mit einem Schlage geändert, seit die für die Technik wertvollen Eigenschaften des Berylliums erkannt und Verfahren zu seiner Herstellung geschaffen worden sind.

Das wichtigste Berylliummineral ist der Beryll, ein nach der Formel $3\,BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6\,SiO_2$ zusammengesetztes Silicat mit einem theoretischen Gehalt von 13,9 % BeO. Er ist in seiner seltenen, sehr reinen Form als Smaragd, Aquamarin usw. ein sehr geschätzter Halbedelstein. Lagerstätten des Rohberylls finden sich fast in allen an Bodenschätzen reichen Ländern. Man kennt Lager hochprozentigen Berylls in Europa, z. B. in Norwegen, Norditalien, Nordwestspanien, Rumänien und Rußland (Ural); ferner in Südafrika, Madagaskar, Indien, Brasilien, Australien, vor allen Dingen auch in Nordamerika, über dessen zahlreiche Fundstätten das Bureau of Mines U. S. A. Erhebungen angestellt hat[1]. Oft ist in der Fach- und Tagespresse von ausgedehnten Lagern an berylliumhaltigem Pegmatit in Österreich (Steiermark) die Rede. Die Ansichten über dessen technische Verwendbarkeit gehen jedoch sehr auseinander, da er Beryll vielfach nur in kaum nachweisbaren Spuren enthält[2].

Die Tatsache, daß das Beryllium noch bis vor kurzem zu den am wenigsten bekannten Elementen zählte, ist weit weniger auf die geringe Verbreitung seiner Mineralien als auf die großen Schwierigkeiten seiner Gewinnung zurückzuführen.

WOEHLER stellte das Beryllium in Pulverform dar. Bis in die neueste Zeit scheiterten die Versuche, kompaktes Beryllium zu gewinnen, an der ausgeprägten Affinität des Berylliums zum Sauerstoff bei seiner hohen Schmelztemperatur von 1285°. An dem bis dahin allein gewinnbaren, mit Oxyd und Nitrid verunreinigten Berylliumpulver konnten naturgemäß nur wenige Eigenschaften mit Sicherheit ermittelt werden. Zwar konnte FICHTER[3] 1913 elektrolytisch in Form kleiner Metallflitter gewonnenes Beryllium unter Wasserstoff in einem Magnesiumoxydtiegel zu kleinen Kügelchen zusammenschmelzen, doch reichte auch dieses Material für eingehendere Untersuchungen noch nicht aus.

Erst etwa vor 10 Jahren nahm STOCK[4], einer Anregung von GOLDSCHMIDT folgend, Arbeiten über Beryllium auf und konnte kompaktes Metall auf dem Wege der Schmelzflußelektrolyse herstellen. Die STOCKsche Arbeitsweise unterschied sich von der anderer Forscher in der Durchführung der Schmelzflußelektrolyse bei der bisher ungewöhnlich hohen Temperatur von 1300°, die oberhalb des Schmelzpunktes von Beryllium (1285°) liegt. Auf diesem Wege konnte das Beryllium in Form haselnußgroßer Reguli an einer mit Wasser gekühlten Eisenkathode abgeschieden werden. Als Elektrolyt diente eine Schmelze, bestehend aus Berylliumdoppelfluoriden des Natriums und des Bariums.

Auf der Grundlage des Prozesses von STOCK

[1] J. H. L. VOGT, Trans. amer. Inst. Min. and Metal Eng. **31**, 128 (1901).

[1] A. V. PETAR, U. S. Bureau of Mines, Circ. **1929**, 6190.

[2] Vgl. A. TORNQUIST, Metall u. Erz **27**, 177, 362 (1930) u. dagegen A. CISSARZ, H. SCHNEIDERHÖHN, E. ZINTL, Metall u. Erz **27**, 365 (1930).

[3] F. FICHTER, K. JABLCZYNSKI, Ber. dtsch. chem. Ges. **46**, 1604 (1913).

[4] A. STOCK, O. PRIESS, P. PRAETORIUS, Ber. dtsch. chem. Ges. **58**, 1571 (1925).

und GOLDSCHMIDT wurde bei Siemens & Halske[1] ein elektrolytisches Verfahren ausgearbeitet, das die Gewinnung des Berylliums in technischem Umfange auf rationellem Wege ermöglicht. Es wird hierbei ein geschmolzener Elektrolyt, der aus gleichen Teilen Berylliumoxyfluorid ($2\,BeO \cdot 5\,BeF_2$) und Bariumfluorid besteht, verwendet. Das Beryllium wird bei 1400° in Form von etwa armdicken Stangen, ähnlich dem Calcium, in kontinuierlichem Arbeitsgange gewonnen. Der Reinheitsgrad des Metalls beträgt etwa 98—99%. Die Hauptverunreinigung bilden 0,5—1,5% Eisen. Daneben finden sich Kohlenstoff und Aluminium in einigen Zehntel Prozenten. Seine Dichte beträgt 1,84. Es besitzt einen grobkrystallinen, silberglänzenden Bruch und ist in der Kälte spröde.

Eine technische Verwendung hat das *reine* Berylliummetall wegen seiner Sprödigkeit und auch wegen seines hohen Preises bisher kaum finden können. Seine Hauptbedeutung besitzt es vorläufig als veredelnder Bestandteil in Schwermetallegierungen des Kupfers, Nickels, Eisens und Kobalts.

2.

Schon wegen des hohen Preises konnten die Aussichten für die praktische Verwendung des Berylliums für die meisten Zwecke nur bei den Legierungen liegen, die verhältnismäßig wenig Beryllium enthalten. Bei den Forschungsarbeiten über das Beryllium mußten deshalb die metallographischen Untersuchungen seiner Legierungen eine besondere Rolle spielen.

Das erste Anwendungsgebiet, an das man denken konnte, war das Gebiet der Aluminiumlegierungen. Man konnte hoffen, daß ein Zusatz des Berylliums zum reinen oder zum bereits legierten Aluminium erhebliche Verbesserungen der technischen Eigenschaften hervorbringen würde. Das hieß aber, daß die berylliumhaltigen Aluminiumlegierungen besonders vergütbar sein würden. Die bekannteste und auch heute noch in der Hauptsache unübertroffene vergütbare Aluminiumlegierung ist das Duralumin mit etwa 4% Cu, 0,5% Mg und 0—1% Mn und mit den im technischen Aluminium nie fehlenden Verunreinigungen an Silicium und Eisen.

Die Versuche, das Duralumin durch Zusatz von Beryllium zu verbessern, sei es, daß man es zum Duralumin zusetzte, sei es, daß man dabei das Magnesium wegließ, hatten keinen Erfolg. Dem Beryllium fehlte die Fähigkeit, ähnlich wie das Magnesium die Vergütbarkeit herbeizuführen oder nur zu erhöhen. KROLL[2] konnte zwar zeigen, daß das Beryllium das Silicium, das ebenfalls zur Vergütung beitragen kann, ersetzen kann, aber die damit erzielten Wirkungen waren nicht größer als in den berylliumfreien, aber siliciumhaltigen Legierungen, und so war wegen des hohen Preises des Berylliums auch dieser Weg aussichtslos. Später zeigte ARCHER u. FINK[1], daß reines Aluminium durch Zusatz von Beryllium in geringem Umfange vergütbar wird. Die damit erreichten Effekte waren aber viel zu gering, um technisches Interesse zu beanspruchen. Versuche, das Beryllium mit Magnesium zu legieren, führten nicht zum Ziel, da das Magnesium bereits bei etwa 1200° siedet, während das Beryllium erst bei 1280° schmilzt.

Aber die Leichtmetallegierungen des Berylliums können auch sonst noch technisch wichtig sein. Das spezifische Gewicht des Berylliums ist nur etwa 1,8, es ist also beinahe ebenso leicht wie Magnesium. Man konnte deshalb hoffen, aus Beryllium sehr leichte, technisch wertvolle Stoffe herzustellen, indem man es z. B., um seine Bearbeitung zu erleichtern, mit Aluminium legierte. Legierungen mit 50—75% Be, Rest Al, lassen sich tatsächlich viel leichter walzen als das reine Beryllium. Es ist aber bisher nicht gelungen, in ihnen wertvolle Werkstoffe zu gewinnen. Nach dem Zustandsdiagramm der Aluminium-Beryllium-Legierungen, die mechanische Gemenge der Komponenten darstellen, sind auch besonders günstige technische Eigenschaften nicht zu erwarten. Das Interesse, das sie, hauptsächlich im Auslande, ständig beanspruchen, ist wohl in der Hauptsache darauf zurückzuführen, daß in manchen Fragen der Luftschiffahrt die Preisfrage nur eine untergeordnete Rolle spielt.

3.

Ein ganz anderes Bild ergab sich sofort, als die Legierungen des Berylliums mit den Schwermetallen in den Bereich der Untersuchungen gezogen wurden. Einige derartige Legierungen waren bereits bekannt, so die Beryllium-Kupfer-Legierungen und die Beryllium-Eisen-Legierungen, die insbesondere in den Gebieten der berylliumärmeren Konzentrationen ziemlich sorgfältig erforscht waren, wo die Experimentierschwierigkeiten geringer sind. Man wußte, und nach Lage des Berylliums im periodischen System in der Nähe des Magnesiums und des Aluminiums war das zu erwarten, daß das Beryllium mit den meisten Schwermetallen wohl ausgeprägte chemische Verbindungen geben mußte. Es waren also interessante Zustandsdiagramme zu erwarten. Wieweit aber die Legierungen von technischem Wert sein würden, konnte nicht vorausgesagt werden.

Es ergab sich, daß Zusätze des Berylliums zu Kupfer, Nickel, Kobalt und Eisen sehr ähnliche Wirkung hatten. In allen Fällen wurden bei der Erstarrung aus dem Schmelzfluß in beschränktem Maße im Betrage von etwa 2—4% Mischkrystalle gebildet, deren Grenze mit sinkender Temperatur rückläufig ist, d. h. zu niedrigeren Be-Gehalten sinkt, wie das in Fig. 1 dargestellt ist. Eine derartige Konstitution ist bekanntlich die Voraus-

[1] K. ILLIG, M. HOSENFELD, H. FISCHER, Wiss. Veröff. a. d. Siemenskonz. 8 I, 42 (1929).

[2] Metall und Erz 23, 616—618 (1926).

[1] R. S. ARCHER u. W. L. FINK, Techn. Publ. N. 91 (1928).

setzung der Vergütbarkeit, indem man durch Abschrecken von hohen Temperaturen T bis zur Konzentration des Punktes a Beryllium im α-Mischkrystall halten kann und dieser bei tieferen Temperaturen übersättigte Mischkrystall bei Erhitzung an eine geeignete niedrigere Temperatur t den Überschuß an Beryllium in hochdisperser Form ausscheidet, wodurch die Vergütungshärtung zustande kommt. In Tabelle 2 sind die Härten einiger Legierungen und ihre Zunahme durch die Vergütung angegeben. Die Vergütungshärtung ist ganz enorm, besonders wenn man sie z. B. mit Duralumin vergleicht.

Dieser starke Vergütungseffekt wird etwas weniger verblüffend, wenn man sich überlegt, um welche Mengen der Ausscheidungen der zweiten Krystallart es sich hier handelt. Diese Frage ist für die Beryllium-Kupfer-Legierungen genauer untersucht. Die Löslichkeitsgrenze a (Fig. 1) liegt hierbei etwa bei 2,5 Gew.-% Be, bei tiefen Temperaturen sinkt sie auf etwa 0,8% herab. Dabei scheidet sich aus dem α-Mischkrystall die Verbindung BeCu mit etwa 11% Be aus[1]. Die Ausscheidungsmenge von etwa 1,7% Be entspricht also, da sich in Wirklichkeit BeCu ausscheidet, der Ausscheidung dieser Verbindung in einer Menge von etwa 15%. Die vergütete Legierung besteht also zu 15 Gewichtsprozenten und zu noch mehr Volumenprozenten aus den winzig feinen BeCu-Kryställchen. Daß eine derartige Menge einer hochdispersen Phase die Eigenschaften der Legierung sehr weitgehend beeinflussen muß, ist plausibel. Ähnlich müssen die Verhältnisse bei Nickel, Kobalt und Eisen liegen. Man wird also verstehen, daß hierdurch nicht nur die Härte und die Festigkeit stark steigen, sondren auch die Dehnung sehr stark, von etwa 40% auf etwa 1—2%, sinkt.

Fig. 1. Schema der Konstitution einer vergütbaren Legierung.

Es seien hier nur einige Worte gesagt zu diesem Verhalten der Berylliumlegierungen im Sinne einer systematischen Legierungskunde, wie sie heute etwa von V. GOLDSCHMIDT, WESTGREN und WEVER gepflegt wird. Die Stellung des Berylliums im periodischen System, seine geringe Ordnungszahl und sein geringes Atomvolumen ließ eine starke mechanische Beeinflussung der Schwermetalle erwarten, soweit das Beryllium in das Raumgitter dieser Metalle als Mischkrystall aufgenommen wurde oder soweit es Verbindungen bildet. Tatsächlich ist aber diese Härtung im α-Mischkrystall gar nicht die technisch interessante, sondern die *Vergütungshärte*. Die starke Temperaturabhängigkeit der Sättigungsgrenze der α-Mischkrystalle, wie sie tatsächlich bei den genannten Legierungen des Berylliums beobachtet worden ist und wie sie zur Vergütung notwendig ist, kann zur Zeit wohl vom systematischen Gesichtspunkt aus noch nicht vorausgesehen werden. Die hochdispersen Ausscheidungen aus dem α-Krystall sind bei den Berylliumlegierungen ausgesprochene, harte und spröde chemische Verbindungen. Wieweit dieser Charakter aber von Einfluß auf die Vergütung ist, bei der die Hauptsache die Fähigkeit dieser Verbindung ist, sich in hochdisperser Form auszuscheiden, was auf Fragen der Kernbildung und des Krystallwachstums dieser Verbindung hinausläuft, kann heute noch nicht angegeben werden.

Es sei erwähnt, daß in den Legierungen des Berylliums mit Silber und Gold keine nennenswerte Aufnahme des Berylliums in das Raumgitter der genannten Metalle und dementsprechend auch keine Vergütung wahrgenommen werden konnte.

4.

Wie ist nun die technische Bedeutung der vergütbaren Legierungen des Berylliums mit den Schwermetallen zu beurteilen?

Am besten sind die technischen Eigenschaften der Kupfer-Beryllium-Legierungen untersucht, und mit diesen liegen auch schon die meisten technischen Erfahrungen vor. Diese Legierungen kommen in Frage in erster Linie an Stelle der verschiedenen Bronzen, weniger aber als Konkurrenz für Stähle, die außerordentlich hohe Festigkeitswerte und eine außerordentlich große Wandlungsfähigkeit der Eigenschaften aufweisen.

Die Beryllium-Kupfer-Legierung mit 2,5% Be, die in erster Linie in Frage kommt, hat nun im vergüteten Zustande eine Härte von 400 Brinelleinheiten gegenüber einem Höchstwert von etwa 300 für stark kaltgereckte Bronze. Ihre Zerreißfestigkeit beträgt 130—150 kg/qm gegenüber weniger als 100 g bei kaltgereckter Zinnbronze. Da die Dehnung nur 1—2% beträgt, ist die Elastizitätsgrenze entsprechend hoch (90 kg/qmm). Ihre elektrische Leitfähigkeit (16—20 Ohm) ist beinahe doppelt so groß wie bei der Zinnbronze. Der hohen Elastizitätsgrenze entsprechend ist das Bereich der elastischen Dehnungen sehr groß und die Ermüdungsfestigkeit hoch. Die Berylliumbronze ist deshalb das gegebene Material für elastisch hoch beanspruchte Teile, z. B. Federn aller Art. Besonders wichtig sind diese technischen Eigenschaften in Fällen, in denen der Bruch oder ein Versagen des betreffenden Teiles eine kostspielige Betriebsstörung und Reparatur verursachen. In solchen Fällen spielt der Preis des Materials nämlich keine Rolle. Ein derartiges Anwendungsgebiet, das die Berylliumbronze zur Zeit erobert, sind verschiedene federnde Teile der Fahrzeugmotoren (Eisenbahn, Straßenbahn usw.). Man ist dort vielfach nicht in der Lage, Eisenfedern zu verwenden, teils wegen der Rostgefahr, teils weil die betreffenden Teile stromführend sind. Alle bisher verwendeten Kupferlegierungen haben

[1] Der Formel BeCu entsprechen 12,4% Be, diese Verbindung vermag jedoch etwas Be im Mischkrystall aufzunehmen, woraus sich die Grenzkonzentration von 11% Be, die im Text angegeben ist, ergibt.

immer wieder zu Ermüdungsbrüchen geführt, und erst mit Einführung der Berylliumbronze scheinen die Schwierigkeiten behoben worden zu sein. Alle Teile dieser Motoren sind, außer der normalen Belastung, starken Stößen während des Betriebes ausgesetzt, die sehr hohe Anforderungen an das Material stellen. Ein besonders typisches Beispiel derartiger Teile sind die Federn, die die Stromzuführungsbürsten halten. Sie sind stromführend und müssen deshalb eine möglichst hohe Leitfähigkeit haben, und sie sind elastisch stark beansprucht.

Ein anderes aussichtsreiches Verwendungsgebiet sind die stark beanspruchten und so oft zu Beschwerden Veranlassung gebenden Schalterfedern.

Entsprechend der hohen Härte der Beryllium-Kupfer-Legierungen ist auch ein hoher Abnutzungswiderstand zu erwarten, wobei es allerdings darauf ankommt, das geeignete Gegenmaterial zu verwenden, dem gegenüber die Abnutzung stattfindet.

Während mit den Beryllium-Kupfer-Legierungen zur Zeit schon Erfahrungen im größeren technischen Stil gesammelt werden, fangen die ersten technischen Versuche mit Nickel zur Zeit an. Entsprechend den geringeren Verwendungsgebieten des Nickels sind auch die Verwendungsmöglichkeiten der Nickel-Beryllium-Legierungen vielleicht nicht so groß wie die der Kupfer-Beryllium-Legierungen. Andererseits bietet das Beryllium zum erstenmal die Möglichkeit, das Nickel, und zwar sehr stark, etwa entsprechend dem Stahl, zu härten, was ganz neue Anwendungsgebiete eröffnen muß.

Bei dem Eisen hat es sich gezeigt, daß das reine Eisen zur Erzielung von vergütbaren Legierungen einen zu hohen Berylliumzusatz erfordert, als daß die binären Legierungen technisch brauchbar wären. Sie ist bei etwa 3% Be bereits zu spröde. Es hat sich auf Grund der Arbeiten von KROLL jedoch gezeigt, daß bei Gegenwart von Nickel bereits bei einem Gehalt von 1% Be eine, je nach der übrigen Zusammensetzung der Legierung schwankende, zuweilen sehr starke Vergütbarkeit auftritt. Wie schon erwähnt, haben die Berylliumlegierungen auf dem Gebiet des Eisens die außerordentlich schwere Konkurrenz der gesamten Mannigfaltigkeit der Stähle zu bestehen, und deshalb ist es heute noch recht schwer zu sagen, welche Eisen-Beryllium-Legierungen sich werden durchsetzen können. Hier wird es sich jedenfalls nur um Spezialgebiete handeln können.

Allgemein gesprochen, und das gilt insbesondere für die Kupfer-Beryllium-Legierungen und für die Nickel-Beryllium-Legierungen, werden sie ihre volle technische Bedeutung erst erlangen können, wenn man anfangen wird, *für sie* zu konstruieren, während man heute noch in der Regel sie in den bereits vorhandenen und für ganz andere Werkstoffe berechneten Konstruktionen verwenden muß.

5.

Abgesehen von der Vergütbarkeit oder nur in loserem Zusammenhang mit ihr haben die Beryllium-Kupfer-Legierungen bereits heute eine gewisse Bedeutung auf Gebieten erreicht, die zunächst überraschend sind.

Das erste Gebiet ist die Desoxydation des Kupfergusses. Bekanntlich enthält jedes in der Technik geschmolzene Kupfer wechselnde Mengen SO_2 in Lösung, die bei der Erstarrung ausgeschieden werden, wodurch bei der langsamen Erstarrung im Sandguß poröse und aus diesem Grunde unbrauchbare Gußstücke entstehen. Um das SO_2 im Kupfer zu zerstören, desoxydiert man das flüssige Metall mit Elementen, die eine starke Verwandtschaft zum Sauerstoff haben. Das SO_2 wird durch sie zersetzt, und der übrigbleibende Schwefel ist unschädlich oder wird auch vom Zusatz gebunden. Das für Kupfer beliebteste Desoxydationsmittel, der Phosphor, hat den Nachteil, daß durch ihn die Leitfähigkeit des Kupfers stark erniedrigt wird, praktisch auf etwa 40 bis 45 rec. Ohms, während die theoretische Leitfähigkeit des Kupfers des technischen Reinheitsgrades etwa 58 beträgt. Andere zuweilen vorgeschlagene Desoxydationsmittel, das Magnesium, das Calcium, das Aluminium, ergeben zwar gute Leitfähigkeitswerte bis etwa 55 rec. Ohm, aber zugleich Oberflächenfehler. Die Oxyde dieser Metalle sind bei den im flüssigen Kupfer erreichten Temperaturen nicht schmelzbar, sie werden deshalb nicht verschlackt, sondern sammeln sich in Nestern an der Oberfläche an und machen die Gußstücke unbrauchbar. Erstaunlicherweise erreicht man bei Zusatz von 0,01—0,05% Be, je nach der Arbeitsweise, eine gute Leitfähigkeit *ohne* die erwähnten Oberflächenfehler, trotzdem das BeO in vielen Beziehungen den Oxyden der genannten Metalle ähnelt. Für diese Zwecke wird das Beryllium bereits seit etwa 2 Jahren ständig in technischem Umfange benutzt.

Ein zweites interessantes Gebiet ist die Verwendung der Beryllium-Kupfer-Legierungen als Lagermetalle. Im gegossenen Zustande ergeben diese Legierungen dieselbe Zonenstruktur wie die Bronze-Lagermetalle, d. h. es wechseln im Gefüge Zonen verschiedenen Berylliumgehalts und dementsprechend auch verschiedener Härte ab. Eine derartige Struktur ist bekanntlich für eine Lagerlauffläche besonders günstig, weil die härteren Teile bei der gleitenden Abnutzung im Relief stehenbleiben und die Nachlieferung des Schmieröls erleichtern. Bei den Berylliumlegierungen bietet sich nun die Möglichkeit, diese härteren, berylliumreicheren Teile bei richtiger Wahl der Gesamtkonzentration dank ihrem höheren Berylliumgehalt noch durch Erhitzung auf 300—350° vergütend zu härten, während die Grundmasse wegen zu geringen Berylliumgehaltes ihre Eigenschaften nicht ändert. Man hat es also in der Hand, die Lagermetalleigenschaften durch die Vergütung zu akzentuieren, wie das sonst nicht möglich ist. Die im Gange befindlichen Lagerversuche haben ergeben, daß die Erhitzung eines Lagers aus Berylliumbronze bei nicht zu

großen Lagerdrucken tatsächlich etwas geringer ist als die eines Lagers aus Phosphorbronze. Zugleich ist die Abnutzung der Berylliumbronze anscheinend um ein Vielfaches geringer, so daß es lohnend erscheint, die Lagerversuche fortzusetzen.

Auf eine Eigenschaft, die nicht mit der Vergütung zusammenhängt und die nicht vorauszusehen war, sei noch hingewiesen. Die Berylliumbronze hat praktisch keine Thermokraft gegen Kupfer, was für manche Meßinstrumente von Bedeutung ist.

Je mehr man die Berylliumbronze kennenlernt, in desto größerem Umfange ergeben sich noch andere Eigenschaften, die in dem einen oder anderen Sinne technisch bedeutungsvoll werden können; daß ihre Feststellung, Untersuchung und Verwertung später erfolgen müßte als die der Vergütbarkeit, ergibt sich daraus, daß die starke Vergütbarkeit sichere technische Erfolge versprach, während in den betrachteten Fällen die Ergebnisse zunächst nicht vorauszusehen sind.

6.

Die starken mechanischen Vergütungseffekte der Berylliumlegierungen, insbesondere der Beryllium-Kupfer-Legierungen, ließen es verlockend erscheinen, der prinzipiellen Frage der Vergütung bei diesen Legierungen Aufmerksamkeit zu schenken. Was haben diese Legierungen nun zur allgemeinen Erkenntnis des Vergütungsvorganges beigetragen? Da über diese Frage bereits in der Zeitschrift für Metallkunde und ausführlich in den Wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern berichtet worden ist, soll sie hier nur ganz kurz besprochen werden.

Beim Duralumin nimmt der Widerstand bekanntlich bei der Lagerung bei gewöhnlicher Temperatur etwa um 10% zu, entgegen dem, was bei einer Ausscheidung einer zweiten Phase zu erwarten gewesen wäre. Das ist der Grund, weshalb die Ausscheidungstheorie der Vergütung von einigen Forschern als ungenügend betrachtet wird. Sie nehmen im Duralumin außer der Ausscheidung einen zweiten, im homogenen Mischkrystall sich abspielenden Vorgang an, der die Widerstandserhöhung erklären soll.

Bei der Alterung der Beryllium-Kupfer-Legierungen bei 300—350° sinkt der Widerstand etwa um 50%, wird die Alterung jedoch bei 150—200° durchgeführt, so steigt er, ähnlich wie bei Duralumin, etwa um 10%. Bei 250° steigt er erst, um dann wieder zu sinken. Diese Beobachtungen sprachen schon dafür, daß die Widerstandserhöhung und -erniedrigung nicht zwei verschiedenen Vorgängen, sondern zwei verschiedenen Stadien eines einzigen Vorganges zuzuschreiben waren. Es konnte ferner gezeigt werden, daß der Elastizitätsmodul und das Volumen sich bei der Vergütung, auch bei 150°, wo der Widerstand steigt, ohne eine Anomalie von Anfang an in dem Sinne ändern, der der Ausscheidung der γ-Krystalle entspricht. Deshalb konnte hier die einfache Annahme gemacht werden, daß die Änderungen dieser Größen einfach die Mengen der bereits angeschiedenen γ-Krystalle angeben. Noch viel eindeutiger waren aber die Ergebnisse der Röntgenanalyse. Bei der Vergütung bei 300—350° konnte, wie zu erwarten war, röntgenometrisch das Auftreten der γ-Krystalle festgestellt werden. Bei 150° zeigte sich aber, und zwar bereits nach ganz kurzen Erhitzungszeiten, bei denen die Härtesteigerungen und die Widerstandszunahmen gerade erst begonnen hatten, eine Verbreiterung der Linie des α-Gitters. Diese Verbreiterung ist entweder auf eine entstandene Inhomogenität des α-Krystalls oder auf in ihm entstandene eigene Spannungen zurückzuführen. Beide Erklärungen sind aber nur denkbar, wenn sich eine heterogene Reaktion abgespielt hat, die in diesem Falle nur in der Ausscheidung der γ-Krystalle bestehen kann. Somit war, wie ich denke, der *experimentelle* Nachweis erbracht, daß bereits zu Beginn der Widerstandszunahme auch die Ausscheidung einer zweiten Phase beginnt. Damit erschien es aber endgültig aussichtslos, andere Vorgänge für die abnorme Widerstandserhöhung verantwortlich machen zu wollen, und man mußte eben eine Widerstandserhöhung als eine Anomalie bei extrem hohen Dispersitäten der Ausscheidung hinnehmen und sie zu erklären versuchen. Dieser Versuch ist von mir auf Grundlage der BRIDGMANschen Vorstellung von der Stromleitung gemacht worden.

Es ergibt sich auch noch ein anderer Grund, den Vergütungsvorgang trotz aller Anomalien einheitlich als Ausscheidungsvorgang aufzufassen. Es zeigt sich bereits bei den Beryllium-Kupfer-Legierungen und wurde bei der Vergütung des kohlenstoffhaltigen Eisens in wesentlich erweiterter Form von KÖSTER[1] wiedergefunden, daß die Anomalien der Eigenschaften (Widerstand, Härte, magnetische Eigenschaften), die während des Vergütungsvorganges beobachtet werden, nicht gleichzeitig auftreten, sondern eine nach der anderen, in verschiedenen Perioden des Vergütungsvorganges. Wollte man für jede dieser Anomalien eine andere Ursache suchen, so müßte man sich in eine Folge fruchtloser Hypothesen verlieren. Der einzige gangbare Weg scheint nunmehr umgekehrt in der einheitlichen Auffassung des Vergütungsverganges als Ausscheidungsvorgang und in dem Versuch, die beobachteten Anomalien als Begleiterscheinungen einer sehr hohen Dispersität zu verstehen, zu liegen.

So gewinnt man für die Vergütung der Beryllium-Kupfer-Legierungen ein durchaus geschlossenes Bild, alle Beobachtungen sprechen für die Ausscheidungstheorie. Es sei bemerkt, daß bei den Legierungen des Aluminiums die Sache auch heute noch lange nicht so günstig steht. Dort beobachtet man Anomalien des Volumens, die man nicht zu erklären vermag; dort wird die Verschwommenheit der Gitterlinien nach den bisherigen Beobachtungen

[1] W. KÖSTER, Archiv für das Eisenhüttenwesen **1928/29**, H. 8, 503.

erst gegen das *Ende* des Vergütungsvorganges wahrnehmbar, während vorher röntgenometrisch nichts wahrgenommen werden kann[1]. Ob diese Abnormitäten auf die im Aluminium nie fehlenden Verunreinigungen zurückzuführen sind, wie das manche Forscher annehmen, ist zweifelhaft. Diese Verunreinigungen könnten natürlich Reaktionen hervorrufen, die die Anomalien erklären. Jedenfalls bedeuten aber die Verunreinigungen im Aluminium zweifellos eine Erschwerung und Komplizierung der Untersuchung. Für die systematische Erforschung des Vergütungsvorganges erscheinen deshalb zur Zeit andere Legierungen als die des Aluminiums aussichtsreicher, trotzdem sie eine geringere technische Bedeutung haben. Überraschenderweise ist es in den letzten Jahren KÖSTER gelungen, auf dem Gebiete des technischen Eisens, eines technisch altvertrauten, aber wissenschaftlich wegen der immer fehlenden verschiedenen Beimengungen (C, Si, Mn, P, Na) wenig übersichtlichen Systems, tiefergehende Erkenntnisse über die Vergütungsvorgänge zu gewinnen.

[1] Vgl. z. B. v. GÖLER u. G. SACHS, Naturwiss., 1929, 309.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Elektrische Entladungen im Steinsalz.

Wird ein Steinsalzkristall in einem scharf inhomogenen elektrischen Feld (Spitze gegen Platte) Stoßspannungen oder Wechselspannung unterworfen, so lassen sich in ihm, wie bekannt, vor dem Durchschlag Teilentladungen beobachten, die bestimmt kristallographisch orientiert sind. Es wurde von uns gezeigt, daß bei Zimmertemperatur im Fall von Stoßspannungen die Entladungen der Richtung der Würfeldiagonale [1, 1, 1] folgen. Neue ausführliche Versuche zeigen folgendes: Bei Stoßspannungen bleiben im Fall von positiver Spitze die oben angegebenen Richtungen [1, 1, 1] nur bis etwa 150° bestehen und gehen bei höheren Temperaturen in die Richtungen der Flächendiagonale [1, 1, 0] über, wobei diese neuen Entladungsrichtungen sich bis 450° verfolgen lassen. Bei negativer Spitze ist die Richtung der Entladungen bis 150° ziemlich unbestimmt (am häufigsten kommen hier die beiden Richtungen [1, 1, 1] und [1, 1, 0] vor, die Bahn ist aber sehr gebrochen), zwischen 150° und 450° folgt die Entladung der Richtung der Kanten [1, 0, 0]. Bei Temperaturen, die 150° übertreffen, sind folglich die Entladungen bei positiver und negativer Spitze verschieden kristallographisch orientiert. Dieselben Gesetzmäßigkeiten ergeben sich auch dann, wenn man von der Elektrodenanordnung Spitze gegen Platte zu einer übergeht, die ein homogeneres elektrisches Feld schafft. Im letzten Fall läßt sich auch die Feldstärke bestimmen, die für das Wachsen der Entladungen nötig ist, nämlich $2 \times 10^6 V_{max/cm}$. Von der Temperatur scheint diese Feldstärke nicht abzuhängen. Im Fall von Gleichspannung konnten wir bis etwa 350° bei sauberen Bedingungen vor dem Durchschlag keine Teilentladungen feststellen. Oberhalb 350° läßt sich, falls dem Wärmedurchschlag vorgebeugt ist, bei negativer Spitze das Wachsen von Dendriten beobachten, in gutem Einklang damit, wie es SINJELNIKOFF und ANTON WALTHER gezeigt haben. Diese Dendrite verbreiten sich in derselben Richtung wie die Teilentladungen bei negativer Spitze, nämlich [1, 0, 0].

Die Versuche machen es als wahrscheinlich, daß im Fall von positiven und negativen Entladungen oberhalb 150° Ionen verschiedener Zeichen ionisieren. Ob es Elektronen (positive Entladung) und Na-Ionen (negative Entladung) oder entsprechend Na-Ionen und Cl-Ionen sind, kann auf Grund des vorliegenden Materials noch nicht entschieden werden. Der Umstand, daß die Dendrite, die sicher infolge einer Bewegung der Na-Ionen entstehen, denselben Richtungen folgen wie die Entladungen bei negativer Spitze, macht es als wahrscheinlicher, daß wir es im Fall einer negativen Entladung mit einer Na-Ionisation, im Fall einer positiven Entladung mit einer Elektronenionisation zu tun haben.

Leningrad, Physikalisch-Technisches Institut, den 23. April 1931. L. INGE. A. WALTHER.

Spaltung von Racematen durch Bildung von Komplexverbindungen.

Für die Trennung von Racematen wurden von PASTEUR 3 Wege gewiesen: 1. mechanische Auslese, 2. Bildung chemischer Verbindungen mit einem optisch aktiven Partner, 3. Zerstörung eines Antipoden durch Mikroorganismen, sowie durch asymmetrische Katalyse mittels optisch aktiver Substanzen [G. BREDIG u. K. FAJANS, Ber. dtsch. chem. Ges. **41**, 752 (1909)] oder durch optisch spezifische Enzyme. Diesen Methoden können wir eine neue hinzufügen, welche auf der auswählenden Bildung von Komplexverbindungen mit einer optisch aktiven Substanz besteht. WILLSTÄTTER [Ber. dtsch. chem. Ges. **37**, 3758 (1904)] versuchte die Trennung racemischer Alkaloide durch „Ausfärben" auf Wolle, ein Experiment, welches bei Auffassung des Färbevorganges als Komplexbildung der vorliegenden Methode am nächsten steht.

Choleinsäuren sind Molekularverbindungen, welche durch Zusammentritt einer Substanz mit Desoxycholsäure im Molekularverhältnis 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 6 usw. entstehen [H. WIELAND u. H. SORGE, Hoppe-Seylers Z. **97**, 1 (1916). — H. RHEINBOLDT, O. KOENIG u. R. OTTEN, Liebigs Ann. **473**, 249 (1929)]. In Versuchen mit A. GOLDBERG gelang es, aus einer Lösung reinster Desoxycholsäure in racemischer Methyl-äthyl-essigsäure kristallisierte Methyl-äthyl-essigsäure-Choleinsäure mit der Koordinationszahl 2 zu erhalten. Die Methyl-äthyl-essigsäure in dieser molekularen Verbindung war aber nicht vollkommen racemisch, sondern enthielt einen Überschuß an Linkssäure, während in der durch Destillation gereinigten Mutterlauge die Rechtsform angereichert aufgefunden wurde.

Ein analoger Effekt konnte bei der Bildung von Campher-Choleinsäure aus racemischem Campher be-

obachtet werden. Campher, aus dieser Komplexverbindung wiedergewonnen und durch Sublimation gereinigt, zeigte in 3,8 prozentiger Lösung im 2 dm-Rohr eine Drehung von $-0{,}42°$, entsprechend einem $[\alpha]_D^{20}$ von $-5{,}5°$ und einem Überschuß von einem Achtel der Links- über die Rechtsform, bei Anreicherung der letzteren in der Mutterlauge.

Unabhängig von der Frage nach seiner präparativen Nützlichkeit, ist dieses Prinzip jedenfalls geeignet, die Existenz optischer Isomerie in vielen Fällen darzutun, in denen mangels reaktionsfähiger Gruppen die üblichen Methoden versagen müssen, z. B. bei Kohlenwasserstoffen oder bei künftigen Synthesen in der Steringruppe. Auch zur Entscheidung über das Bestehen problematischer cis-trans-Isomerien könnte das Choleinsäureprinzip herangezogen werden. Die Bedeutung dieses Prinzips als Modell für die optische, sowie strukturelle Spezifität enzymatischer Hydrolysen wird untersucht.

New York, Laboratorien des Mount Sinai Hospitals, den 30. April 1931. HARRY SOBOTKA.

Kosmische Strahlung und Weltraumstruktur.

Wenn der Weltraum ein Kugelraum wäre, dessen wachsender Radius dem Gesetz

$$(1) \qquad \frac{d \log^e R}{dt} = 5{,}0 \cdot 10^{-10}\ ;\ t \text{ in Jahren}$$

z. Z. näherungsweise genügt, so würde eine im Weltraum überall mit gleicher Häufigkeit stattfindende Ausstrahlung der Frequenz ν_0 uns nach VON LAUE (Naturwiss. **1931**, 530) ein kontinuierliches Band mit einer scharfen Grenze bei ν_0 und der Intensitätsverteilung

$$(2) \qquad J_\nu = \frac{J_{\nu_0}}{\nu_0^3} \cdot \nu^3\ ;\ \nu \leqq \nu_0$$

liefern und es würde $R \cdot \nu$ konstant sein.

Machen wir dagegen die Annahmen, daß

a) die strahlende Materie nicht stetig, sondern in diskreten „galaktischen Systemen" gleichmäßig im Weltenraum verteilt ist (Abstand zweier Systeme durchschnittlich gleich 45 ihrer Durchmesser nach DE SITTER, Naturwiss. **1931**, 367), und daß

b) am Gegenpol unserer Milchstraße, deren Dimensionen gegenüber R hier als klein betrachtet werden können, strahlende Materie vorhanden ist (bzw. gewesen ist), deren Strahlung zu uns gelangen kann,

so läßt sich schließen, daß sich dem Spektrum (2) ein sehr ausgeprägtes Maximum überlagert, das schätzungsweise bei $\nu = \frac{1}{6}\nu_0$ liegt.

Das Integral von (1) lautet $R = R_1\, e^{\gamma t}$, wenn R_1 den Weltradius im gegenwärtigen Zeitpunkt $t = 0$ und γ die Größe $5{,}0 \cdot 10^{-10}$ bedeutet. Macht man die Annahme, daß dieses Integral auch für einen halben Umlauf näherungsweise gültig ist, so folgert man leicht, daß gegenwärtig bei uns beobachtete Strahlung, die vom Gegenpol kommt, dort vor etwa $3{,}6 \cdot 10^9$ Jahren emittiert worden ist, als der Weltradius etwa $\frac{1}{6}$ des heutigen Wertes hatte. Ist die Ausgangsfrequenz ν_0, so ist die beobachtete Frequenz also $\frac{1}{6}\nu_0$. Bei der Überschlagsrechnung wurde nach DE SITTER (l. c.) $R_1 = 3 \cdot 10^9$ Lichtjahre gesetzt.

Alle am Gegenpol ausgesandte Strahlen, soweit sie nicht absorbiert oder zerstreut werden, erreichen uns. Von Punkten, die heute von uns $s < 2\,R_1$ Lichtjahre entfernt sind, empfangen wir Strahlung stets nur in Bündeln mit infinitesimalen Öffnungswinkeln. Das würde ausgeglichen, wenn alle Punkte der Entfernung s Strahlung emittierten. Das ist aber nach Annahme a) nicht der Fall, vielmehr nehmen die galaktischen Systeme nur den Raum $\lambda\, V$ ein, wenn V der gesamte Weltraum und

$$(3) \qquad \lambda = \frac{\pi}{3 \cdot \sqrt{2}\,(45)^3}$$

ist.

Aus (2) und (3) ergibt sich nun für die vom Gegenpol kommende Strahlung

$$(4) \qquad \frac{J_{\nu_0}}{6} = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{\pi}\left(\frac{15}{2}\right)^3 J_{\nu_0} \sim 508\, I_{\nu_0}\,,$$

ein scharfes Maximum, welches das Spektrum (2) überlagert. Das Resultat ist allerdings nur qualitativ zu werten, wegen der verschiedenen unsicheren Schätzungen, auf denen es beruht.

Ein weiteres Maximum könnte sich für *die* scheinbare Frequenz ν zeigen, die aus der Ausgangsfrequenz ν_0 sich nach einem *vollen Umlauf* ergeben hat (Umwegshypothese von E. REGENER, Naturwiss. **1931**, 460). Unter Umständen könnte dieses Maximum auch allein auftreten, wenn die weitere Umgebung des Gegenpols frei von strahlender Materie sein sollte. Lage und Größe dieses Maximums sind noch unsicherer zu schätzen als die entsprechenden Größen des Hauptextrems. Die Intensität dürfte aber J_{ν_0} nicht wesentlich überschreiten.

Wenn wir erst über die Intensitätsverteilung der kosmischen Strahlung einen Überblick gewonnen haben, könnten wir daraus Schlüsse auf die Struktur und Materieverteilung im Weltraum ziehen. Der kühne Vorstoß PICARDS in die Stratosphäre ist daher sehr zu begrüßen.

Berlin-Charlottenburg, den 5. Juni 1931.
H. VON SCHELLING.

Eine neue Berechnung der Polfluchtkraft.

In Naturwiss. **1921**, 499—502, gab P. S. EPSTEIN zum ersten Male eine Berechnung der Polflucht der A. WEGENERschen Theorie, nachdem vorher W. KÖPPEN unabhängig von R. v. EÖTVÖS die Ursache der Polflucht der Kontinentalschollen aufgezeigt hatte. KÖPPENS Erklärung ist folgende: Der Schwerpunkt der schwimmenden Sialschollen liegt etwa $2^1/_2$ km höher als der Auftriebspunkt, und da die durch diese Punkte gehenden Äquipotentialflächen der Schwere äquatorwärts divergieren, ergeben die auf den Äquipotentialflächen senkrechten Kräfte, Auftrieb und Schwere, eine kleine äquatorwärts gerichtete Komponente (K_φ). EPSTEINS Rechnung lieferte hierfür den Ausdruck

$$K_\varphi = \frac{3}{2}\, m\, \omega^2\, \delta n \cdot \sin(2\varphi)\,,$$

wenn m die Masse der Kontinentalscholle, ω die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation, δn den Abstand von Auftriebs- und Schwerpunkt und φ die geographische Breite bedeutet. In einer demnächst im „KÖPPEN-Heft" von „GERLANDS Beiträgen zur Geophysik" erscheinenden Arbeit habe ich versucht zu zeigen, daß in der EPSTEINschen Rechnung infolge unvollständiger Variation des Gravitationspotentials ein Fehler von der Größenordnung der Polfluchtkraft selbst enthalten ist. EPSTEIN variiert nämlich in dem Ausdruck für die potentielle Energie der Sialscholle nur R (l. c. S. 501), so daß bei dieser Auffassung das Gravitationspotential Φ im Innern der Sialscholle der LAPLACEschen Gleichung $\Delta\Phi = 0$ statt der POISSON-

schen Gleichung $\Delta \Phi = -4\pi\varkappa\varrho$ genügen würde. Die neue Rechnung liefert mit Berücksichtigung der Poissonschen Gleichung für die Polfluchtkraft den Ausdruck

$$K_\varphi = 2\,m\omega^2 \cdot \delta n \cdot \sin(2\varphi) \cdot \left(1 - \frac{3}{4}\frac{\varrho}{\varrho_m}\right),$$

wenn ϱ die Dichte der Sialscholle und ϱ_m (= 5,52) die mittlere Dichte der Erde bedeutet. Da ϱ zwischen 2,7 und 3,4 liegt, also $\varrho/\varrho_m > 1/2$ ist, wird ersichtlich, daß die Epsteinsche Formel etwa 16—27% zu große Werte liefert.

Berlin, den 5. Juni 1931. H. Ertel.

Besprechungen.

DRIESCH, HANS, **Philosophische Forschungswege, Ratschläge und Warnungen.** Leipzig: Emanuel Reinicke 1930. XII, 121 S. 15×23 cm. Preis geh. RM 6.—, geb. RM 6.80.

„Wir leben in einer Zeit *steigenden* philosophischen Interesses und *sinkender* philosophischer Gewissenhaftigkeit." So lautet einer der ersten Sätze der Vorrede dieses gehaltreichen Büchleins. Eine an die Vertreter der deutschen Philosophie gerichtete Mahnung zur wissenschaftlichen Gewissenhaftigkeit, das ist der Hauptinhalt der Schrift, und man kann den Verf. nur zu dem Mute beglückwünschen, mit dem er der Katze die Schelle umhängt und die Gefahren aufzeigt, die der deutschen Philosophie drohen. Von dreierlei Art sind diese Gefahren: 1. „die üppig wuchernde Popularphilosophie, die sich vornehmlich auf dem sog. kultur- und geschichtsphilosophischen Boden bewegt"; 2. die Schwärmerei für das „Irrationale", der Mißbrauch, der mit dem Begriff „Leben" getrieben wird, und endlich 3. „die sog. Phänomenologie als Methode, wenn sie in unrechte Hände gerät". Diese Gefahren werden nun in den Hauptteilen des Buches eingehend behandelt. Ein besonders umfangreiches Kapitel ist der Auseinandersetzung mit der Phänomenologie gewidmet. Bei aller Würdigung der großen Leistungen ihres Begründers sieht Driesch doch eine große Gefahr in dem Mißbrauch, der von vielen Anhängern der phänomenologischen Methode heute mit einer angeblichen Wesensschau getrieben wird. Mit Recht, wie uns scheint, weist Driesch darauf hin, daß alle diese angeblichen apriorischen Evidenzen sich nur auf *Bedeutungen* beziehen, daß wir aber niemals ein *Dasein* durch sie erfassen.

Sehr klar und energisch wendet sich der Verf. auch gegen eine Modeströmung, die den „Geisteswissenschaften" eine besondere, der naturwissenschaftlichen entgegengesetzte Methode zuschreibt. Insbesondere lehnt er diesen methodischen Dualismus für die Psychologie ab. „Nicht ist Naturwissenschaft ein ‚Standpunkt' oder ‚Weg' neben anderen; sie ist *der* Weg, nämlich derjenige der wissenschaftlichen Philosophie überhaupt, und so weit verfolgt, wie es nur geht."

Ein anderes lesenswertes Kapitel enthält „Beispiele einzelner philosophischer Fehlgriffe und Gefahren". Hier werden unter anderem Verstöße gegen die formale Logik gebrandmarkt, die sich in modernen philophischen Büchern finden. Wenn man diese Beispiele gelesen hat, unterschreibt man gern des Verf. Mahnruf an die deutschen Schulmänner: „Ein bißchen weniger Sprachen und Literatur und wenigstens ein kleines Quantum Logik wäre wohl besser gewesen." Wenn der Verf. allerdings in diesem Zusammenhange auch gegen die Mengenlehre polemisiert, so können wir ihm hierin nicht folgen. Auch die hier eingeschaltete Polemik gegen Schlick wegen seines angeblichen Mißbrauchs der Mengenlehre scheint uns wenig glücklich; doch ist hier nicht der Ort, auf diese Dinge näher einzugehen.

Daß Driesch auch zu den Gegnern der Relativitätstheorie gehört, ist bekannt. Da die zweite Auflage seines Buches „Relativitätstheorie und Weltanschauung" erst vor kurzem an dieser Stelle besprochen worden ist, erübrigt sich eine Auseinandersetzung mit seinen Argumenten. Im vorliegenden Buche dient ihm übrigens die Relativitätstheorie lediglich als Beispiel für den mit dem Wort „beweisen" getriebenen Mißbrauch. Es wäre in der Tat bei philosophischen Diskussionen ein Vorteil, wenn man für den strengen Beweis, wie er in der Mathematik gefordert wird, einen besonderen Terminus hätte, wie das in anderen modernen Sprachen der Fall ist. Der Verf. geißelt hier ferner das Spiel mit den Worten „organisch", „Wirken von Werken", „idealistisch", „subjektiv-objektiv", „Geist", „Wert". Auch bei dem von ihm selbst gern benutzten Ausdruck „Ganzheit" warnt er — sehr mit Recht — vor den Gefahren, die mit seinem Gebrauche verbunden sind.

Sehr beherzigenswerte Bemerkungen enthält ferner das Kapitel „Metaphysische Ratschläge und Warnungen", und zwar solche, die man unter diesem Titel kaum suchen würde. So wendet sich der Verf. z. B. sehr scharf gegen die Ansicht, der philophische Standpunkt eines Denkers sei soziologisch bedingt (diese Ansicht geht aber nicht auf Scheler, sondern mindestens schon auf Karl Marx zurück). Dies mag, meint er, zwar für kulturphilosophische Hypothesen gelten, nicht aber für strenge Philosophie, die allein diesen Namen verdient.

Diese kurze Übersicht zeigt, daß Driesch in diesem Buche von neuem für Genauigkeit, Klarheit und Nüchternheit in der Philosophie eintritt. Das ist trotz mancher sachlichen Differenzen Grund genug, ihn als Bundesgenossen willkommen zu heißen.

Kurt Grelling, Berlin-Johannisthal.

Proteus, Band 1 — Verhandlungsberichte der Rheinischen Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaft, Medizin und Technik, mit Festgabe für Wilhelm Haberling zum sechzigsten Geburtstag, bearbeitet und herausgegeben von Paul Diergart. Bonn: Bonner Druck- und Verlagsanstalt L. Neuendorff 1931. 281 S. und Verzeichnis der Mitglieder 8 S. 14×22 cm.

Die „Rheinische Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaft, Medizin und Technik", deren Sitz Bonn ist, hat in den zwei Dezennien ihres Bestehens nicht nur eine wichtige Stätte der Forschung gebildet, sondern auch in vorbildlicher Weise Anteilnahme an derartigen Studien in weitere Kreise hinausgetragen. Sie zählt zu ihren Mitgliedern und Rednern daher in gleicher Weise Gelehrte wie Männer der Praxis. Auch Orientalisten, Theologen und Historiker gehören ihr an und haben bei Fragen, die die älteste Geschichte der Naturwissenschaften und Medizin betreffen, mitgearbeitet. 365 Vorträge sind bisher in der Gesellschaft gehalten worden, und zwar auf Tagungen, die nicht nur an ihrem Sitze, sondern auch in Düsseldorf, Köln, Krefeld, Frankfurt und teilweise auch im Vortragssaale der I. G. Farbenindustrie A.G. zu Leverkusen stattfanden. Eine Sammelstelle, um Berichte über diese Vorträge zu veröffentlichen, hat aber bisher gefehlt.

Es wurde dies als ein starker Mangel empfunden. „Daher sparten wir", so heißt es im Vorwort des vorliegenden Bandes, „so lange, bis wir den Druck der sorgfältig und fortlaufend ... gesammelten Vortragsauszüge selbst übernehmen konnten". Auf solche Weise ist diese Schrift, der die Gesellschaft in Erinnerung an ein ähnliches älteres Unternehmen den Namen „Proteus" gegeben hat, entstanden. Weitere „Proteusbände" sollen in Zukunft folgen.

Der vorliegende Band ist zunächst eine Festgabe für WILHELM HABERLING, dessen Forschungen zur Geschichte der Medizin ja allgemein bekannt sind und der der Gesellschaft seit ihrer Begründung bis heute als Vorstandsmitglied angehört. Dieser erste Teil besteht aus sieben wertvollen Aufsätzen verschiedener Verfasser, denen ein Festgruß des Herausgebers PAUL DIERGART vorausgeht. Unter den Verfassern befindet sich auch der Altmeister der Medizingeschichte KARL SUDHOFF mit einem Aufsatz „Ein bisher unbeachteter ärztlicher Fund aus Römerzeit im deutschen Rheinland" und der Altmeister der Chemiegeschichte EDMUND O. VON LIPPMANN, der eine Arbeit mit dem Titel „Ein neues arabisches Manuskript über Alchemie aus der Zeit um 1000" beigesteuert hat.

Der zweite Teil des Bandes übertrifft den ersten an Umfang und bringt — wie es dem oben angegebenen Zwecke entspricht — Vortragsauszüge, und zwar von sämtlichen seit 1922 bis zum Schlusse des vorigen Jahres in der Gesellschaft gehaltenen Vorträgen. Diese Auszüge zeichnen sich durch Gründlichkeit aus und sind zumeist genügend ausführlich, um dem Leser einen Einblick in die Ansichten und Ergebnisse der Redner zu gewähren. Überraschend ist die Vielseitigkeit der besprochenen Vorträge; sie beziehen sich auf fast alle Gebiete der Naturwissenschaft, Medizin und Technik von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von großem Wert sind auch die Lebensbeschreibungen und Nachrufe, die bis auf VERGIL und GALEN zurückgreifen und auch lebende Forscher behandeln.

Unter den Rednern steht der Herausgeber des Bandes und langjährige Vorsitzende der Gesellschaft PAUL DIERGART an erster Stelle. Seine sehr zahlreichen Vorträge beschränken sich nicht auf die Chemiegeschichte, die bekanntlich sein Hauptarbeitsgebiet ist, sondern greifen weit darüber hinaus. Seiner Feder — und nicht derjenigen der Vortragenden selbst — entstammt auch die Mehrheit der vorliegenden Auszüge; ebenso sind die ein bequemes Nachschlagen ermöglichenden Schlußverzeichnisse „Sachen und Wörter" sein Werk. Möge es ihm, wie er den „Proteus" begründet hat, gelingen, trotz der Ungunst der Zeit das wertvolle Unternehmen weiterzuführen.

JULIUS SCHIFF, Breslau.

BEHRENS, HANS, **Tierzeichnen auf anatomischer Grundlage.** Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1929, 40 Tafeln mit begleit. Text und 18 Abbild. 34 × 25 cm. Preis RM 14.—.

Der Anatom ist eigentlich nicht ganz der richtige Besprecher des angezeigten Atlasses (Ref. ist Anatom), wenigstens nicht, wenn er nur Anatom ist. Er wird zu sehr geneigt sein, zu finden, daß nicht weit genug in anatomischer Genauigkeit gegangen sei. Er sollte sich aber durch solch schulmeisterliche Rechthaberei nicht die Freude daran verderben lassen, daß von seiten eines Künstlers anatomische Kenntnis als sichere Grundlage zeichnerischer Erfassung von Körperformen gefordert wird — was heutzutage schon etwas bedeuten will —, und er sollte anerkennen, daß er selbst — der Anatom — durch das Dargebotene zu manchen Gedankengängen angeregt und sogar über manches belehrt wird. Jedesfalls lernt er den Verfasser als einen solchen kennen, der sehr vieles beobachtet, über alles gründlich nachgedacht und auf Grund davon Vorschläge ausgearbeitet hat, was und wie der lernende Kunstbeflissene es machen solle, um nicht nur ruhende, sondern auch bewegte Körper aufzufassen und aufs Papier zu bringen. An der Spitze steht dabei der Satz, den man manchem sog. Künstler von heute ins Stammbuch schreiben möchte: „Die Skizze ist kein Kunstwerk."

Das Buch besteht aus zwei Bestandteilen: 40 Tafeln und, diesen vorausgehend, 15 Seiten Text. Auf den Tafeln und in den Text eingestreut enthält es 161 Figuren, über welche ein Verzeichnis orientiert. Diese Figuren sind nicht durchgeführte Arbeiten, sondern Skizzen, wie sie in möglichst kurzer Zeit hergestellt werden können, wenn anatomische Kenntnisse, hochentwickelte Beobachtungsgabe und zeichnerische Gewandheit zur Verfügung stehen. Die Notwendigkeit, schnell zu arbeiten, ergibt sich schon von selbst daraus, daß neben ruhenden Körpern, stehenden, sitzenden, liegenden Menschen und Tieren nicht nur, sondern vorwiegend bewegte geboten werden: schreitende, laufende, springende Menschen und Tiere, auch von letzteren fliegende und schwimmende. Gerade auf die Erfassung bewegter, schnell bewegter Körper wird besonderer Nachdruck gelegt. Es wird aber keineswegs empfohlen, einfach Einzelbilder aus kinematischen Filmen zu übernehmen, sondern ausdrücklich zum Nachdenken darüber angeregt, worin der Unterschied zwischen solchen und dem, was der Zeichner darstellen soll und kann, besteht. Demgemäß wird von den Grenzen der Aufnahmefähigkeit durch das menschliche Auge gesprochen. Daraus ergibt sich, daß, wenn man schnelle Bewegungen erfassen und darstellen will, man über sie auch nachgedacht haben muß. Die verschiedenen Arten des Ganges, Laufes, Sprunges werden charakterisiert. Nach den Belehrungen über die Objekte kommen die Anweisungen für den Zeichner. Außer dem Beobachten muß er das Erinnern planmäßig üben. Er muß lernen, während er das bewegte Tier im Auge behält, die Umrißlinie aufzuzeichnen, ohne aufs Zeichenblatt zu blicken. Um einen Körper, namentlich einen bewegten, schnell zu erfassen und wiederzugeben, sind „zeichnerische Hauptpunkte" herauszugreifen und in ihre gegenseitige Lage zu bringen. Solche sind: Hinterhauptspunkt, Widerrist und Kreuz. Unter Benutzung dieser ist dann die Rückenlinie anzugeben und dann das weitere hinzuzufügen. Als Maßeinheiten sind vor allem Kopflänge und Widerristhöhe zu verwenden.

Fragt man nun, was der Verfasser auf seinen 40 Tafeln als Beispiele bietet, an denen er seine zeichnerische Technik klarmacht, so möchte man die Gegenfrage stellen: Was bietet er nicht? Da sind nicht nur gehende, stehende, laufende, springende Menschen und ihre nächsten Verwandten, die Affen, sondern viele, viele Tiere; von Raubtieren Hund, Katze, Löwe, Bär u. a., von Nagetieren Kaninchen und Eichhörnchen; von Wiederkäuern Schaf, Ziege, Rind, Giraffe u. a.; ferner Pferd, Esel, Zebra, dann Elefant, Nilpferd, Schwein. Auch Vögel sind vertreten: Schwan, Ente, Pinguin, Schlangenhalsvogel, Strauß, Flamingo. An Anregung fehlt es also nicht.

HANS VIRCHOW, Berlin.

Biologische Mitteilungen.

Massenzuchten kleinster Insekten (Schlupfwespen) zur biologischen Bekämpfung von Schädlingen. Der Gedanke, Schädlingskalamitäten der Land- und Forstwirtschaft durch Mobilmachung entsprechender Parasiten „biologisch" zu bekämpfen, ist in den letzten Jahren von allen Kulturstaaten mehr oder weniger lebhaft verfolgt worden. Bereits vor 5 Jahren hat in Deutschland A. HASE auf die Eignung verschiedener Schlupfwespen zur Massenzucht im Laboratorium und damit zur biologischen Bekämpfung hingewiesen. Zunächst ist der Eiparasit Trichogramma (Hymenopt. Chalcid.), seine Biologie, Züchtungsmöglichkeit und Eignung zur biologischen Bekämpfung, von Mitarbeitern der Biologischen Reichsanstalt Berlin-Dahlem, weitgehend untersucht worden. HASE 1925, SCHULZE 1926, VOELCKEL 1925. Nun scheint er in Amerika auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse in groß angelegten Versuchen zur Massenzucht herangezogen zu werden.

In einer Arbeit von S. E. FLANDERS: Mass production of egg parasites of the genus Trichogramma in „Hilgardia", J. agricult. Sci. 4, Nr 16, June 1930, wird über die ersten Erfahrungen der Jahre 1927/28 berichtet. Während HASE Trichogramma evanescens Westw. züchtete, wurde in Amerika die dort häufigere Trichogramma minutum Riley zur Massenaufzucht verwendet. Beide Arten gehören zu den kleinsten (unter 1 mm messenden) Insekten und werden in ihren Ausmaßen von größeren Protozoen häufig übertroffen. Die Zucht ist bei genügender Anzahl von Wirtseiern das ganze Jahr hindurch möglich. Da Trichogramma pantophag ist, läßt sie sich aus den meisten Insekteneiern züchten, und eine rationelle Aufzucht bedingt lediglich eine gutgehende Parallelzucht von Wirtstieren. Am besten eignet sich dafür nach HASE die Mehlmotte Ephestia kuehniella, nach FLANDERS die bei uns wohl infolge klimatischer Einflüsse nicht so leicht fortkommende Kornmotte Sitotroga cerealella. Von Trichogramma befallene Eier färben sich binnen 3 Tagen grauschwärzlich. Eine Parasitengeneration dauert 14 Tage bis 3 Wochen bei günstigen Temperaturen (24—27°).

Während in Deutschland Vorbereitungen für Massenzuchten großen Stiles erst im Gange sind (HASE), hat Amerika sich bereits zur Schaffung eigener „Trichogrammalaboratorien", besser gesagt „Trichogrammafabriken" entschlossen. Die dort angewandte Technik ist von doppeltem Interesse für uns. Einmal, weil ähnliche Pläne auch bei uns im Entstehen sind, und zweitens, weil das Problem der Großzucht winziger Insekten für weite Biologenkreise großes Interesse haben dürfte. Die in Mexiko und Kalifornien eingerichteten Laboratorien bestehen aus zwei Räumen. Im „Zuchtraum" ist eine selbsttätige Zucht der Kornmotte Sitotroga cerealella eingerichtet. Hunderte von Motten werden täglich mit einem sehr starken Staubsauger (Antriebsmotor $1^1/_2$ PS) von den Wänden und Deckeln der Kornbehälter abgesaugt. Sie fallen unbeschädigt in große Sammelgefäße und kommen von dort im eigentlichen Laboratorium in die „Eiablagekäfige". Es sind dies Metallzylinder, die oben mit einem Deckel, unten mit einem feinmaschigen Sieb verschlossen sind. Die abgelegten Eier fallen durch die Siebmaschen in Auffanggefäße. Die täglich auf diese Weise gewonnenen Eier belaufen sich durchschnittlich auf 150000 Stück. Gelegentlich konnte sogar eine tägliche Eiproduktion von 400000—600000 verzeichnet werden. Die frischgewonnenen Wirtseier werden nun auf die „Eikarten" geschüttet. Dies sind runde, mit alkohollöslichem, weißem Schellack dünn bepinselte Papierblätter von 8—9 cm Durchmesser. Nach Verdunsten des Alkohols kleben die Eier zu rund 150000 Stück auf den Scheiben fest (Fig. 1). So sind sie den Parasiten bequem erreichbar und bieten eine gute Gewähr für mindestens 90% Parasitierung. Ein Drittel einer bereits parasitierten Eikarte, die die charakteristische Verfärbung zeigt und deren Eier schlüpfreif sind, kommt nun unter Glasschalen mit je einer frisch vorbereiteten Eikarte zusammen (Fig. 1). Die ausschlüpfenden Parasiten belegen die aufgeklebten Eier binnen 24 Stunden. Da die Trichogrammen bei Helligkeit wesentlich besser anstechen, hat es sich als notwendig erwiesen, die Parasitenkäfige nachts künstlich zu beleuchten, mit sog. „Tageslichtlampen".

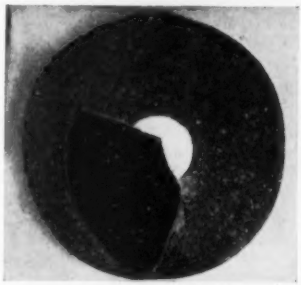

Fig. 1. Die Parasitierung der Wirtseier: Eine frisch hergestellte Eikarte kommt mit dem Drittel einer „Schlüpfkarte" zusammen.

Jedes Drittel der „Schlüpfkarten" kann nach FLANDERS zweimal verwendet werden. Es ergibt sich somit ein sechsfacher Nutzen jeder Anfangskarte. Nach 3 Tagen verfärben sich die Eier auf der Eikarte und lassen so den Prozentsatz der Parasitierung leicht erkennen. Soll die Karte nicht zur Weiterzucht als „Schlüpfkarte" verwendet werden, so wird sie als *Vorrat* für Freilandversuche im Kühlschrank aufbewahrt. Zu diesem Zweck werden die Eikarten durchlocht, und man kann sie durch Hindurchschieben eines Korkens beim Lagern oder beim Transport leicht vor Quetschungen schützen (Fig. 2). Nach den amerikanischen Berichten sollen sich die parasitierten Eier bis zu 10 Monaten in Temperaturen von — 1 bis — 2° und + 3 bis + 4° ohne Schaden aufbewahren lassen. 1927 wurden einige tausend Parasiten auf diese Weise nach Australien versandt. Das Vorhandensein von Kühlschränken auf allen Dampfern ermöglicht den Transport der Eikarten ohne weiteres. Die „Herstellungskosten" für *eine Million Trichogramma betragen* vorderhand noch etwa *10 Dollar*. FLANDERS betont, daß dieser Preis als Handelspreis zur biologischen Bekämpfung von Schädlingen noch ein zu hoher ist. Viel ist jedoch schon durch Ausarbeitung dieses Verfahrens gewonnen; es gelingt, beliebige Mengen schädlingsvernichtender Parasiten in überaus kurzer Zeit auf Bestellung zu liefern.

Über die Erfolge bei den Aussetzungen im Freien liegen vorerst noch wenige Nachrichten vor. Die Erfahrungen sind kaum einige Jahre alt. Begreiflicherweise hat man sich zunächst vor allem um geeignete

Methoden für die Massenaufzucht bemüht. Die Aussetzungen wurden in Kalifornien meist folgendermaßen ausgeführt: die Karten mit schlüpfreifen Parasiten wurden in Abschnitte von rund 10000 verfärbten Eiern zerlegt und mit feinem Draht in halber Höhe an den gefährdeten Pflanzen befestigt. In allen Fällen konnte schon nach kurzer Zeit eine deutliche Zunahme des meist vor

Fig. 2. Eikarten fertig zum Transport.

her schon vorhanden gewesenen, natürlichen Parasitenbefalls festgestellt werden. Über den Maßstab der Ausbreitung, vom Aussetzungszentrum aus, sind Untersuchungen im Gange. Lichtintensität, Luftströmung, Temperatur usw. sind dabei sicherlich von großer Wichtigkeit. Es konnte beobachtet werden, daß Trichogramma die Neigung zeigt, aufwärts zu kriechen und abwärts zu fliegen. Große Strecken werden dabei wohl nicht zurückgelegt. (Diese biologischen Eigenschaften deuten nach Ansicht des Referenten darauf hin, daß die Eiwespe zur praktischen Bekämpfung von Schädlingen auf Gemüsefeldern vielleicht besser geeignet ist, als in Waldgebieten mit hohen Stämmen. Eine Entscheidung darüber ist zur Zeit aber noch nicht möglich.) Durch eine Massenaussetzung wird nicht nur die augenblickliche Stärke der Parasitenpopulation wirksam unterstützt, sondern es werden auch neue Möglichkeiten für eine wirksame Massenvermehrung des Parasiten im Freien geschaffen. FLANDERS mißt der praktischen Anwendung der bis jetzt gesammelten Erfahrungen für die Zukunft volle Bedeutung zu. Mit der Schaffung von technisch brauchbaren Arbeitsmethoden ist die erste Bedingung zur Frage der biologischen Bekämpfung erfüllt und ein großer Schritt zu ihrer Lösung vorwärts getan. INGEBORG BELING.

Parasitismus als geschlechtsbestimmender Faktor [N. S. A. Dep. Agricult., Offic. Rept. 6, Nr. 43 (1927)]. Im amtlichen Bericht des nordamerikanischen Landwirtschaftsministeriums machen COBB, STEINER und CHRISTIE interessante Mitteilungen über das eigentümliche Verhalten einer Nematode (Mermis subnigrescens), die als Heuschreckenschmarotzer häufig vorkommt. Der Befall der Heuschrecken erfolgt durch die Aufnahme von Mermiseiern, die einen entwickelten Wurm enthalten und an den Nährpflanzen der Wirtstiere abgesetzt werden. Die Zahl der Würmer schwankt nach mehreren tausend Beobachtungen durchschnittlich in der freien Natur zwischen 1 und 3 bei jeder befallenen Heuschrecke, und merkwürdigerweise handelte es sich dabei immer um Weibchen. Auch bei Fehlen von Männchen können die Weibchen entwicklungsfähige Eier erzeugen, aus denen anfallfähige Larven hervorgehen. Nach den angestellten Versuchen vermögen erheblich weniger als 50 Eier nach ihrer Entwicklung den Tod junger Heuschrecken herbeizuführen. Wurde nur eine schwach schädigende Menge von Eiern an die Heuschrecken gefüttert, so ergaben sich durchweg männliche Würmer; bei einer Gabe von 20 Mermiseiern an eine vorher schmarotzerfreie Heuschrecke waren alle sich entwickelnden Würmer männlich. Dagegen ergab die Fütterung von sehr wenigen Mermiseiern weibliche Schmarotzer. Ähnliche Beobachtungen an der Agamermis in der Teewanze (Helopeltis), bei einer Allomermis (in der Ameise Lasius niger) und bei einer Pseudomermis einer Mückenlarve (Chironomus) zeigten ebenfalls, daß ein starker Parasitenbefall immer zur Entwicklung männlicher Würmer führte, ein geringer Befall zur Entwicklung weiblicher. Es bestanden zwischen diesen beiden Extremen Übergänge, der Anteil an Männchen wechselte mit der Heftigkeit des Befalls. Die Verfasser glauben, daß in diesen Fällen die Umgebung ein geschlechtsbestimmender Faktor ist. Er wird nach ihrer Annahme nicht schon während des frühen Embryonalzustandes der Würmer wirksam, sondern erst nach der Bildung einer gut entwickelten und schon hoch entfalteten Larve.

Die Ursachen der Honiggärung (Agr. Exper. Stat. Michigan State, Techn. Bul. 92) Die Gärung (Fermentation) des Honigs bedeutet sowohl für den Erzeuger wie den Verbraucher oft einen unangenehmen Verlust. Nach einer neuen Untersuchung über die Gründe der Gärung durch FABIAN und QUINET finden sich im fermentierenden Honig Bakterien, Hefe und Schimmelpilze in sehr vielen Proben. Die genannten Forscher isolierten eine Anzahl dieser Kleinlebewesen und fügten sie gutem Honig bei, um ihre Wirkung auf ihn zu prüfen. Es ergab sich, daß nur die Hefe die Honiggärung hervorzurufen vermag. Guter Honig enthält jedoch meist, wenn nicht immer, Hefe, obwohl es selten zu dieser Gärung kommt. FABIAN und QUINET nehmen an, daß Honig Feuchtigkeit aufzunehmen vermag, und zwar bis zu etwa einem Drittel seines Gewichtes. Steigt der Feuchtigkeitsgehalt des Honigs auf etwa 21% oder darüber, so vermag sich die Hefe in diesem verdünnten Honig zu entwickeln, während sie in normalem trockenen Honig unwirksam bleibt.

Die letzten Kaukasuswisente. Nach einer Mitteilung von AMSCHLER (Züchtungskde **1930**) auf Grund persönlicher Erkundigungen findet sich das letzte Wisentvorkommen im Kaukasus im Gebiete der Großen und Kleinen Laaba, etwa zwischen 40 und 42° ö. L. bzw. unter dem 44. Breitengrade. Der Bestand dürfte nur noch ganz geringfügig sein, da die Zahl im Jahre 1926 auf nicht mehr als 50 Tiere geschätzt wurde und die Hirten jenes Gebietes die Wisente als Weideschädlinge verfolgten. Mit dem Aussterben dieses Bestandes ist also zu rechnen. AMSCHLER macht aber auf den alten Reisebericht PRZEWALSKIS aufmerksam, wonach sich in den Waldungen des Kenteigebirges (zwischen dem 48. und 50. Breitengrade bzw. 110. bis 115. Längengrade) ein Wisentvorkommen befand, ferner ein zweites östlich des Flusses Lwan Ho unter 115 bis 120° ö. L. sowie 40 bis 45° n. Br. Aus neuerer Zeit ist über ein etwaiges Vorkommen von Wisenten dort nichts bekannt geworden. E. FEIGE.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.